

6
M

ТОНЪ

2206

7.835.

Lb. Habemus

Handwritten text, possibly a signature or date, in the top left corner.

7.835

Л. В. Велко

П

Armand MAHIELS.

У 666
М-23

СООРУЖЕНІЯ ГРАЖДАНСКІЯ, ВОЕННЫЯ И МОРСКІЯ.

БЕТОНЪ

И ЕГО ПРИМѢНЕНІЕ.

МАТЕРІАЛЫ — ФАБРИКАЦІЯ — ФОРМЫ — СТОИМОСТЬ
ПРОИЗВОДСТВА — ПРИМѢНЕНІЕ.

2206
Институтъ в Кіевѣ

Переводъ съ французскаго

подъ ред.

горнаго инженера А. Л. Бабошина,

аналитика при испытат. станціи Института Инженеровъ Путей Сообщенія

проверено
1966 г.

ОМ

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Сѣверная Скоропечатня, Невскій просп., д. № 82.

1902.

Дозволено цензурою С.-Петербургъ 15 Октября 1901 г.

2007

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Издавая эту книгу о *бетонѣ*, я далекъ отъ мысли имѣть претензію сказать новое слово: большинство свѣдѣній, заключающихся въ ней, могутъ быть найдены также и на страницахъ другихъ техническихъ изданій, публикуемыхъ у насъ во Франціи и за границей.

Но эти свѣдѣнія разбросаны и представлены или недостаточно полными, или же изложены въ связи съ такими теоретическими соображеніями, до которыхъ практику нѣтъ надобности; при такихъ условіяхъ очень трудно собирать эти свѣдѣнія: многія изъ нихъ весьма легко могутъ и ускользнуть отъ вниманія заинтересованнаго въ томъ лица.

Я отдѣлилъ отъ вышесказаннаго матерьяла его научную оболочку и формулировалъ въ видѣ окончательныхъ выводовъ преимущества бетона передъ другими матерьялами, незатѣйливость способовъ его примѣненія въ дѣло, однимъ словомъ его *экономичность*.

Для болѣе глубокаго знакомства съ предметомъ я, для лицъ менѣе посвященныхъ въ детали строительнаго искусства, предлагаю очеркъ, въ которомъ разбираются матерьялы и растворы вообще,—что мною сдѣлано въ видахъ моей постоянной заботы не упустить практическую, промышленную сторону вопроса.

Я разсматриваю устройство и ходъ операций бетонныхъ заводовъ; эта часть книги заключаетъ въ себѣ описаніе приѣмовъ болѣе или менѣе удачныхъ, роль которыхъ было интересно разобрать.

Короче говоря, группируя данныя, касающіяся—управленія ходомъ работъ этого рода, общихъ принциповъ и требованій предъявляемыхъ къ аппаратамъ производства, формъ для бетонныхъ отливокъ, приѣмовъ литья подъ водой и т. д., наконецъ, приводя главнѣйшія примѣненія монолита, я старался дать все случаи, которые могутъ встрѣтиться при бетонныхъ работахъ на практикѣ, имѣя, однако, въ виду главнымъ образомъ бетоны изъ цемента.

Указывая на примѣры утилизаціи шлака, гари, жирной извести и т. д., я лишь имѣю въ виду выгоды, представляемыя дешевизной подобныхъ матерьяловъ для всякаго, въ чьихъ интересахъ будетъ ими воспользоваться.

Но не смотря на приложенныя старанія, въ настоящемъ трудѣ, разумѣется, найдутся пробѣлы: нѣкоторые вопросы, особенно касающіеся *сопротивленій*, требуютъ пополненія, но обработка ихъ подлежитъ уже специальному изученію.

Трудность принятой мной на себя задачи составленія настоящей книги въ значительной степени была облегчена исключительностью условій (мнѣ пришлось быть прикомандированнымъ въ качествѣ инженера къ технической части предпріятія по сооруженію 21 форта на Маасѣ), позволившихъ мнѣ собрать, служа вмѣстѣ съ лучшими военными инженерами Бельгіи, массу разнообразныхъ и разностороннихъ свѣдѣній, касающихся настоящаго предмета; вмѣстѣ съ тѣмъ, я приношу глубокую мою благодарность майору М. А. Мерчъ и коменданту С. Ф. Вангоренбеку, за вѣдывавшему лабораторіей, отведенной для изысканій надъ цементами и бетонами.

Вотъ почему, въ настоящей книгѣ, при изложеніи каждаго болѣе или менѣе важнаго отдѣла ея, я счелъ не лишнимъ освѣщать трактуемые вопросы примѣрами, взятыми изъ практики работъ по сооруженію упомянутыхъ фортовъ на Маасѣ, для возведенія которыхъ потребовалось 1.100.000 кубич. метровъ бетона.

А. М.

Люттихъ, Октябрь 1893.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

Предисловіе.

ГЛАВА I.

Историческій обзоръ.

	СТР.
§ 1.—Бетоны	1
§ 2.—Цементы	8

ГЛАВА II.

Цементы.

§ 1.—Общія опредѣленія.	
Классификація.—Отличительныя особенности.—Принципы производства.—Различные цементы	14
§ 2. Главныя требованія, предъявляемыя на практикѣ къ цементамъ.	
Составъ.—Химическій анализъ.—Строукислая известь.—Тонкость помола.—Плотность.—Удѣльный вѣсъ.—Продолжительность схватыванія.—Испытанія сопротивленія.—Возрастъ цемента.—Постоянство объема.—Различные требованія.—Нѣкоторые коэффиціенты.—Заключеніе о пользѣ испытаній.—Торговыя сдѣлки	17
§ 3.—Шлаковые цементы.	
Общія замѣчанія.—Принципы производства.—Преимущества шлак. цемента.—Недостатки.—Примѣненія	28
§ 4.—Преимущества цементовъ	31
§ 5.—Трассъ.	
Общія замѣчанія.—Свойства, предъявляемыя требованія, примѣненіе.	33

ГЛАВА III.

Каменные матеріалы и ихъ заготовленіе.

§ 1.—Пески и валуны.	
Качества песковъ.—Искусственный песокъ.—Камневидная составляющая (балласть) бетона.—Утилизанія различныхъ валуновъ	36

§ 2.—Сортировка песковъ и валуновъ.

Ручная сортировка.—Механическая сортировка: на мѣстѣ драгировки, сортировка на берегу, сортировка на мѣстѣ употребленія.—Расположеніе рельсовыхъ путей въ сортировочной мастерской.—Основанія для опредѣленія стоимости производства.—Приращеніе объема.—Заключенія .

40

§ 3.—Дробленіе камней.

Дробленіе вручную: стоимость производства.—Механическое раздробленіе: устройство мастерской.—Сравненіе обѣихъ системъ раздробленія

48

ГЛАВА IV.

Р а с т в о р ы .

§ 1.—Обстоятельства, вліяющія на качества растворовъ.

Вліянія на сопротивленіе, связность и водонепроницаемость: сухое смѣшеніе; затвореніе; качества цемента, песка, воды; возраст; температура; морская вода; переколачиваніе

52

§ 2.—Приготовленіе раствора.

Ручное производство: растворы известковые, порландскаго цемента, романскаго цемента; основанія для опредѣленія стоимости производства.—Механическое производство — Аппараты-смѣшители: грабля Пейронна; бочки; бочка Роже; винтъ Гревельдингера.—Размалывающіе аппараты: жернова; бѣгуны.—Общія замѣчанія.—Сравненіе различныхъ аппаратовъ.—Основанія стоимости производства.—Производительность двигателей

58

§ 3.—Пропорціи составныхъ частей растворовъ.

Бетонные растворы.—Общій теоретическій обзоръ пропорцій; полезное значеніе послѣднихъ.—Исслѣдованіе надъ непроницаемостью.—Выходъ тѣста

65

§ 4.—Известково-цементные растворы.

Общія замѣчанія.—Пропорціи.—Преимущества.—Приготовленіе раствора.—Таблица.—Вывѣтрившіеся цементы

73

ГЛАВА V.

Б е т о н ы .

§ 1.—Вліяніе камневидной составляющей (балласта) бетона.

Классификація.—Вліяніе твердости.—Вліяніе природы балласта.—Вліяніе плотности.—Вліяніе величины кусковъ камней.—Вліяніе однообразія въ величинѣ камней.—Вліяніе формы кусковъ камней.—Вліяніе степени гладкости камней.—Общія замѣчанія

76

§ 2.—Ручное производство бетона.

Методы.—Принципы производства.—Примѣры: Марсельскій портъ работы австрійскихъ военныхъ инженеровъ; Симла.—Опредѣленія стоимости производства

87

§ 3.—Механическое производство.

Общія замѣчанія.—Machine à coffres.—Барабаны.—Горизонталь-

ныя паровыя бетоньерки: общій типъ, англійскія системы: Stoney, Carey, Lee, Messent; прочія системы.—Вертикальная призматическая бетоньерка.—Вертикал. цилиндрическая бетоньерка.—Шаръ Лапото.—Австрійскія системы.—Сравненіе различныхъ способовъ и аппаратовъ производства 91

§ 4.—Употребленіе бетона въ дѣло.

Перевозка. — Трамбованіе. — Выполненіе работы горизонтальными слоями. — Сопряженія. — Облицовки 109

ГЛАВА VI.

Пропорціи составн. частей.—Выходъ тѣста.—Сопротивленія.

§ 1.—Пропорціи составн. частей.

Два рода бетоновъ.—Объемъ пустотъ въ балластѣ.—Относительныя пропорціи раствора и валуновъ.—Водонепроницаемые бетоны . . . 119

§ 2.—Выходъ тѣста.

Важность вопроса.—Таблица выхода тѣста; примѣры 124

§ 3.—Сопротивленія.—Различные коэффициенты.

Трудности вопроса.—Упругость.—Коэффициенты раздавливанія и разрыва.—Сопротивленіе растяженію.—Сопротивленіе сжатію; диаграммы; эмпирическое правило.—Сопротивленіе изгибу.—Сопротивленіе скалыванію.—Сдѣвленіе.—Сопротивленіе сводовъ.—Сопротивленіе трубъ.—Сопротивленіе дѣйствию артиллерійскихъ снарядовъ.—Вѣсъ бетоновъ.—Коэффициентъ тренія.—Коэффициентъ расширенія.—Трещины въ бетонѣ 127

ГЛАВА VII.

Бетонные заводы.

§ 1.—Общія положенія.—Организація.

Масскіе форты. — Характеръ работъ.—Основанія, руководящія устройствомъ бетоннаго завода—Расположеніе завода и подвижной составъ. 147

§ 2.—Ходъ операций.

Нагрузка и перевозка песка; фабрикація раствора; нагрузка, перевозка и промывка валуновъ; смѣшеніе на крышкѣ бетоньерки; перевозка бетона.—Добавочная мастерская 155

§ 3.—Надзоръ.—Администрація.

Роль служащихъ.—Контроль надъ бетонными работами.—Разбивка операций на отдѣльныя категоріи; анализъ стоимости работъ. . . . 161

§ 4. Различныя расположенія бетонныхъ заводовъ.

Этажное расположеніе.—Различные примѣры 168

ГЛАВА VIII.

Формы для отливки бетона.

Общія замѣчанія.—Употребляемые матеріалы; преимущества употребленія дерева.—Формы въ фортификаціонныхъ работахъ: фунда-

менты; прямая опорная стѣны: типичная форма; способъ установки формъ; укрѣпленіе формъ; стыки; щиты; окна; двери; кривыя стѣны.—Своды.—Галереи-наклонныя, кривыя и пересѣкающіяся.—Основанія для опредѣленія стоимости формъ.—Другія работы: туннели, сточныя трубы, галереи, дома, электрическая канализація.—Формы для отливки бетона подъ водой.

177

ГЛАВА IX.

Бетоны въ морской водѣ.—Литье бетона подъ водой.

§ 1.—Бетоны въ морской водѣ.

Цѣли примѣненія ихъ.—Причины разрушенія растворовъ.—Составъ бетоновъ.—Устройство бетоннаго завода и фабрикація бетона.—Примѣненіе его въ дѣло: литье выше уровня воды, въ чертъ приливовъ и отливовъ, подъ водой.—Пластичный бетонъ; предохранительный подвижной кессонъ Кинипля.—Мѣры противъ разрушенія бетоновъ

196

§ 2.—Литье бетона подъ водой.

Размываніе.—Известковая муть.—Классификація пріемовъ литья.—Литье по откосу.—Литье помощью воронокъ; прежняя система; современная система.—Литье ящиками; различныя системы ящиковъ.—Отливка массива слоями; уплотненіе.—Погруженіе бетона помощью мѣшковъ.

207

ГЛАВА X.

Различныя свѣдѣнія.

Практическія замѣчанія, касающіяся пропорцій составныхъ частей бетоновъ.—Избытокъ воды въ растворахъ и бетонахъ.—Мѣры, принимаемыя противъ этого избытка.—Замѣчанія, касающіяся сводовъ съ большимъ пролетомъ. Раскружаливаніе ихъ.—Штукатурки (облицовки).—Мостовыя.—Достиженіе водонепроницаемости въ каналахъ.—Бетоны Куанье.—Бетонъ изъ гари.—Небольшіе сводики изъ бетона на гари

218

ГЛАВА XI.

Примѣненія бетона.

Фундаменты мостовъ.—Фундаменты вообще.—Фундаменты изъ желѣзобетона.—Перемиčky.—Плотины.—Шлюзы.—Канализація разнаго рода: сточныя трубы, акведуки, водопроводныя трубы, электрическая канализація.—Мостовыя.—Укрѣпленіе грунта.—Исправленіе поврежденных.—Туннели.—Мосты.—Мосты изъ желѣзобетона.—Полы (потоки).—Дома.—Прочія примѣненія.—Бетоны для морскихъ сооружений.—Бетоны изъ шлакового цемента

235

Заключеніе

261

Прибавленіе. Пропорцій составныхъ частей бетона въ сооруженияхъ разнаго рода

265

Г Л А В А I.

Историческій обзоръ.

§ 1.

Бетоны.

Трудно опредѣлить съ точностью эпоху, когда впервые начали примѣнять при постройкахъ бетонъ, въ силу того, что фактъ этотъ относится къ временамъ глубокой древности. Уже вавилоняне и египтяне стали вводить его въ практику своихъ сооружений; идея такихъ сооружений пришла имъ, по всей вѣроятности, на умъ, когда они замѣтили выгоды и удобства, получаемыя при примѣненіи глинобитныхъ работъ.

По свидѣтельству Плинія, колонны перистилия въ египетскомъ лабиринтѣ (3600 лѣтъ до Р. Х.) были сооружены изъ искусственнаго камня. Пирамида Нимуса, построенная изъ бетона, покоится на сводѣ, представляющемъ цѣльный монолитъ.

Нѣкоторыя греческія постройки также показываютъ слѣды примѣненія искусственнаго камня. Аргосскій акведукъ, шедшій по изгибамъ горы Абусъ въ ровень съ поверхностью земли, былъ сооруженъ изъ мраморнаго щебня, связаннаго известковымъ растворомъ. Водоемъ въ Спартѣ былъ сдѣланъ изъ гравія, связаннаго очень прочнымъ цементомъ.

Карфагеняне продолжали пользоваться этимъ приѣмомъ для построекъ, но наиболѣе широкое примѣненіе этой идеи принадлежить римлянамъ.

Гробница Порсенны состояла изъ знаменитаго каменнаго массива въ формѣ параллелепипеда (30 кв. футъ въ основаніи и 50 ф. высоты); камень этотъ, какъ показываютъ Плиній и Варронъ, былъ монолитъ, полученный путемъ набивки и утрамбовки маленькихъ камней, погруженныхъ въ особаго рода растворъ.

Понадобился бы многотомный таудъ, если бы мы пожелали перечислить всѣ бетонныя работы, произведенныя римлянами; но слѣды, существующіе и до нашихъ дней,—многочисленные монументы, воздвигнутые въ странахъ, куда римляне вносили свои завоеванія (во Франціи, Испаніи, придунайскихъ областяхъ),—

являются неопровержимыми свидетельствами значительности роли, которую въ ту эпоху игралъ бетонъ въ дѣлѣ подобныхъ сооружений.

Два обстоятельства содѣйствовали упроченію успѣха, вызваннаго примѣненіемъ бетона; знаніе растворовъ надлежащей прочности, и возможность примѣненія на экономичныхъ началахъ ручнаго труда, которымъ гарантировалось основательное и продолжительное приготовленіе смѣсей. Помощью рукъ рабовъ достигали такого компактнаго и тонкаго смѣшенія, что, какъ утверждаетъ Витрувій, бывшій тому очевидцемъ, кусками штукатурки, отбитой отъ старыхъ построекъ, пользовались какъ столами.

Хотя растворы, употреблявшіеся римлянами, были превосходнаго качества, однако слѣдуетъ замѣтить, что наши растворы, преимущественно цементные, могутъ вполне соперничать съ составами древнихъ и даже превосходить ихъ во всѣхъ отношеніяхъ.

Независимо отъ бетонныхъ построекъ въ строгомъ смыслѣ этого слова, римляне практиковали всѣ способы построекъ изъ бутового камня, кирпичей и тесоваго камня; и въ этомъ сочетаніи различныхъ каменныхъ работъ они умѣли извлечь пользу изъ наличности матеріаловъ небольшихъ размѣровъ. Они не имѣли равныхъ себѣ въ дѣлѣ совмѣстнаго примѣненія *opus incertum* и *opus reticulatum*, гдѣ бетонъ получалъ широкое примѣненіе.

Opus incertum представляетъ собою смѣшанную кладку, въ которой облицовка составлялась изъ бутовыхъ камней неправильной формы, положенныхъ безъ всякаго порядка, но связанныхъ между собою цементирующимъ веществомъ. Чтобы получить толщѣ стѣны, пространство за облицовкой заполняли бетономъ, вплотную утрамбовавъ его тѣмъ способомъ, какъ это дѣлается при глинобитныхъ работахъ. Углы стѣнъ были скрѣплены еще тесовымъ камнемъ или кирпичемъ. При этихъ сооруженияхъ, путемъ сильнаго и тщательнаго, сдавливанія достигали такой компактности всѣхъ частей, что никогда не случалось, чтобы облицовка отдѣлилась отъ заполняющей стѣну массы, не смотря на то, что эти части были по составу совсѣмъ разнородны.

„Этотъ способъ сооружений, пишетъ одинъ древній авторъ, дѣлалъ излишнимъ употребленіе сложныхъ приспособленій: ту же работу совершала единственно сила рукъ, и постройка воздвигалась съ изумительной быстротой“.

Въ послѣдніе годы римской республики и въ эпоху цезарей *opus incertum* уступило мѣсто для *opus reticulatum*.

Облицовку стали украшать узорами изъ маленькихъ камешковъ квадратной формы; расположеніе швовъ напоминало по виду веревочную сѣть, а примѣненіе матеріаловъ самаго разнообразнаго рода еще болѣе увеличивало красоту отдѣлки, поражавшей

глазъ своей художественной прелестью; массой же, наполнявшей внутреннее пространство стѣнъ, всегда служилъ бетонъ. Примѣрами такихъ сооружений могутъ служить развалины Villa Adriana близъ Тиволи и остатки банъ Тита Діоклетіана въ Римѣ.

Бетонъ примѣнялся также и для построекъ изъ тесоваго камня; при большой толщинѣ, стѣна сооружалась изъ двухъ параллельныхъ стѣнокъ, выложенныхъ тесовымъ камнемъ; стѣнки эти, на извѣстныхъ разстояніяхъ, соединялись другъ съ другомъ маленькими поперечными переборками, толщиной около 0.60м., а пустоты всѣ наполнялись бетономъ. Подобнымъ образомъ были сооружены городскія стѣны Paestum'a.

Греки, на ряду съ крупными каменными матеріалами, примѣняли также и бетонъ: ихъ „*emplecton*“ представлялъ изъ себя сооруженіе, въ которомъ внутренняя забивка изъ бетона была снаруми одѣта и окружена облицовкой изъ тесанаго камня. Не безинтересно будетъ отмѣтить тотъ фактъ, что они не знали другого употребленія растворовъ, какъ въ только что указанномъ смыслѣ. Во всѣхъ прочихъ ихъ сооруженияхъ кладка производилась въ сухую, безъ всякаго вяжущаго вещества и тѣмъ не менѣе швы были пригнаны съ такимъ совершенствомъ, что даже теперь трудно отыскать слѣды ихъ.

Римляне воспользовались свойствами бетона для постройки сводовъ.

Дѣйствительно, они были первымъ народомъ, который, по примѣру Этрусковъ, сталъ производить постройки съ полукруглыми сводами; этотъ принципъ привелъ ихъ къ самымъ блестящимъ результатамъ: онъ имъ позволилъ пользоваться матеріалами среднихъ размѣровъ (которыя легко поднимать на значительныя высоты) и сооружать громадныя своды. Арки и своды стали обычной и повсемѣстной принадлежностью тогдашняго римскаго стиля. Многочисленные образчики сводчатыхъ сооружений мы видимъ на акведукахъ, водостокахъ и клоакахъ древняго Рима.

Изъ этихъ данныхъ мы видимъ, что у римлянъ почти во всѣхъ каменныхъ сооруженияхъ участвовалъ бетонъ; кромѣ того, выгодами, представляемыми этимъ послѣднимъ, они пользовались при постройкѣ ихъ знаменитыхъ дорогъ.

Любопытно привести на этотъ счетъ свѣдѣнія, находящіяся у Р. Монфокона въ его «Древностяхъ».

«Я разсматривалъ, пишетъ онъ, между Велетисъ и Сермонетой часть Анпіевой дороги, съ которой сняли всѣ большіе камни, служившіе наружнымъ покровомъ; благодаря этому я могъ, видѣть строеніе массива: основой служить слой бетона изъ мелкаго щебня, примѣненнаго съ цементомъ, настолько крѣпкимъ, что

разломать его стоитъ большихъ усилій; сверху находится второй слой еще болѣе прочнаго бетона также изъ сцементированнаго щебня, но вдобавокъ перемѣшаннаго съ небольшими круглыми камнями; большіе камни, образующіе мостовую, безъ труда были вставлены въ этотъ верхній слой бетона, пока онъ еще не затвердѣлъ. Необходимое погруженіе на извѣстную глубину большихъ камней и притомъ не одинаковой толщины, какъ мы уже сказали, не могло произойти, если бы вся эта масса каменной мостовой легла непосредственно на щебень; высота всего массива, съ камнями включительно, могла быть около 3 футовъ“.

„Большія дороги, внѣ предѣловъ Италіи, были разной конструкціи, но всегда они состояли изъ толстаго бетоннаго слоя, поверхность котораго была изъ щебня, связаннаго цементомъ съ добавкой извести“.

Монолитныя каменные работы пользовались также широкимъ примѣненіемъ при морскихъ сооруженіяхъ.

Портовые сооружения (молы) цѣликомъ отливались изъ бетона.

Въ Пуццолѣ, близъ Неаполя, въ портѣ Калигулы, какъ можно видѣть еще и теперь, сохранился молъ, построенный изъ бетонныхъ массивовъ.

Витрувій разбираетъ два способа примѣненія бетона къ дѣлу:

1°. Въ водной средѣ, достаточно спокойной, погруженіе бетона производилось въ бездонныхъ ящикахъ.

2°. Въ морѣ, подверженномъ частымъ и сильнымъ волненіямъ, погружали камни изъ бетона, заранее приготовленные на сушѣ.

Эта послѣдняя операція, описанная Витрувіемъ, свидѣтельствуетъ, что древнимъ были извѣстны настоящіе приемы производства и погруженія искусственныхъ камней,—приемы, которые какихъ нибудь 50 лѣтъ тому назадъ, дали такіе хорошіе результаты въ Алжирѣ и Марсели.

Система бетонныхъ портовыхъ сооружений была забыта или потеряна и возродилась только около 1834 года.

Предпочтеніе, которое римляне оказывали бетону, начало ослабѣвать къ эпохѣ паденія Римской Имперіи. Тогда всѣ искусства заглохли, знаніе архитектуры стало также падать, какъ и практика сооружений; стали прибѣгать къ уже готовымъ матеріаламъ, которые казались болѣе удобными и пригодными; кирпичъ былъ снова открытъ, и строитель сталъ довольствоваться утилизаціей камней, взятыхъ отъ прежнихъ сооружений.

Роль, выпавшая сначала на долю бетона, мало по малу

исчезла, хотя, какъ средство для заполнения, пустотъ (бетонныя забивки), бетонъ оказалъ еще строительному искусству большія услуги, какъ это показываютъ намъ своды средневѣковыхъ соборовъ.

„Устраивали, какъ описываетъ Wanderley, родъ скелета для свода, воздвигая рядъ арокъ, связанныхъ черезъ извѣстные промежутки поперечными камнями; эти послѣдніе раздѣляли треугольныя пустоты между арками на нѣкоторое число трапециодальныхъ отдѣленій, которыя и заполнялись бетономъ. Бетонъ изготовлялся изъ смѣси раствора съ обломками кирпичей и утрамбовывался въ указанныхъ пустотахъ горизонтальными слоями. Такова конструкція церкви Св. Констанціи по Номентанской дорогѣ близъ Рима“.

Впослѣдствіи, секретъ, игравшій важную роль въ приготовленіи раствора, былъ утерянъ, а отъ наемныхъ болѣе дорогихъ и менѣе дѣятельныхъ рукъ рабочихъ—не рабовъ, нельзя было требовать той безконечно тщательной выдѣлки, которая нѣкогда играла такую важную роль въ сооруженіяхъ древности.

Искусство, сосредоточившееся главнѣйше на постройкѣ храмовъ, прибѣгло къ наиболѣе простымъ приѣмамъ, а именно, стали примѣнять камни обычныхъ размѣровъ, доставляемые ближайшими каменоломнями.

И тутъ бетонъ примѣнялся очень мало; въ теченіи римскаго періода, мы встрѣчаемъ его лишь внутри нѣкоторыхъ стѣнъ, какъ заполняющій матеріалъ, да еще изрѣдка при сооруженіи крестовыхъ сводовъ самыхъ малыхъ размѣровъ. Къ XIII-му столѣтію его примѣненіе увеличивается, но примѣняться онъ продолжаетъ лишь для небольшихъ работъ.

Къ эпохѣ возрожденія кирпичъ появился вновь и смѣшался съ камнемъ; бетонъ пересталъ служить даже какъ заполняющій матеріалъ: онъ былъ совсѣмъ заброшенъ, сдѣлался мало извѣстнымъ и встрѣчается только въ сельскихъ постройкахъ.

Только нѣкоторыя мѣстности Италіи сохранили бетонныя сооруженія.

Неаполитанцы постоянно приготовляли *lastrico* какъ матеріалъ для покрытія террасъ ихъ домовъ. *Lastrico*—это составъ изъ извести, измельченной пемзы и обожженного туфа; посредствомъ извѣстныхъ манипуляцій изъ такой смѣси изготовляется монолитъ, обладающій достаточной прочностью. *Lastrico*—служить также для приготовленія плитъ для ступеней лѣстницъ.

Вика упоминаетъ о бетонѣ, который постоянно фабриковали въ Пьемонтѣ. Приготовленная изъ гидравлической извести, песку и валуновъ масса выливалась въ яму, вырытую въ почвѣ, защищенной отъ заливанія водой. Яма имѣла размѣры, какіе желали

придать массиву. Выливши массу въ яму, ее прикрывали слоемъ земли толщиною отъ 0.30м. до 0.40м. и оставляли въ почвѣ на 2 или на 3 года. Крѣпость такого продукта столь значительна, что его глыбы можно бросать одна на другую съ высоты отъ 6 до 7 метровъ, причемъ получаютъ лишь незначительные осколки по угламъ.

Но здѣсь идетъ рѣчь лишь о мѣстныхъ примѣненіяхъ бетона и мы должны пропустить эпоху отъ начала среднихъ вѣковъ до XVIII столѣтія, когда инженеры стали пытаться воскресить забытые приемы древнихъ.

Белидоръ восхваляетъ качества бетона, но его растворы—слишкомъ сомнительнаго качества, чтобы доставить забытой системѣ ея прежнее значеніе.

Время отъ времени бетономъ пользовались для кладки фундамента и при гидротехническихъ работахъ, но пользовались съ большимъ ограниченіемъ, или лучше сказать со значительной дозой недовѣрія.

Чтобы достигъ хорошихъ результатовъ, необходимо было улучшить качества растворовъ. Въ Англіи въ 1796 г. появились, наконецъ, первые цементы. Если быстрота ихъ схватыванія и служила препятствіемъ къ промышленному производству бетона, то она все же допускала изготовленіе небольшихъ монолитовъ изъ искусственнаго камня.

Такимъ образомъ исторія искусственныхъ камней тѣсно связана съ постепеннымъ развитіемъ бетоннаго производства вообще.

Въ 1808 г., Флерэ опубликовалъ свою работу о приготовленіи прочныхъ искусственныхъ камней. Онъ предложилъ фабриковать монолиты всевозможныхъ типовъ, между прочимъ даже водопроводныя трубы; образчикъ послѣдняго рода, пожертвованный имъ, находится въ Парижѣ въ Conservatoire des Arts et Métiers

Въ началѣ нынѣшняго столѣтія, бетоны, приготовленные помощью извести, стали примѣняться инженерами при нѣкоторыхъ работахъ. Журналъ „Les Annales des Ponts et Chaussées“ за 1825 г. указываетъ намъ на довольно значительное число примѣненій бетона.

Однако примѣненіе бетона все еще оставалось ограниченнымъ пока Мари и Вика не сдѣлались самыми горячими сторонниками системы бетонныхъ работъ.

Въ 1822 году, Мари, призванный на муниципальную парижскую службу, построилъ первыя водосточныя трубы, назначеніе которыхъ было отвести воды мелкихъ ручейковъ портившихъ казенныя дороги. Онъ являлся создателемъ раздѣлительной системы трубъ для водъ въ Уркѣ; при выполненіи этихъ послѣднихъ ра-

боť онѣ построилъ изъ бетона рядъ большихъ резервуаровъ, заложенныхъ на пустопорожнихъ мѣстахъ, пересѣкаемыхъ рвами древнихъ римскихъ укрѣпленій. Эти резервуары должныствовали покоиться на сводахъ, поддерживаемыхъ колоннами высотой отъ 5 до 20 метровъ „Успѣхъ этихъ большихъ работъ убѣдилъ большинство парижскихъ инженеровъ въ преимуществѣ экономичныхъ бетонныхъ работъ передъ бутовой кладкой при возведеніи частныхъ и общественныхъ сооружений“. (Журналъ l'Ingénieur; 1855).

Вика на многочисленныхъ примѣрахъ показалъ выгоды, которыя можно извлечь изъ употребленія монолита. Всего яснѣе показалъ онѣ эти преимущества на устояхъ устроеннаго имъ моста въ Сульакѣ, построить который, пользуясь обычными въ то время ресурсами, не представлялось почти никакой возможности.

Есть еще одно скромное имя, которое мы должны упомянуть, говоря о строительномъ искусствѣ первой половины нашего столѣтія,—это имя архитектора Лебрена, основавшаго въ 1829 году въ Муассакѣ производство искусственнаго камня въ довольно обширныхъ размѣрахъ.

Идея эта возникла у него при видѣ балочныхъ фермъ на Таркѣ,—сооруженій относящихся по постройкѣ къ довольно отдаленному времени,—стѣны которыхъ, сдѣланныя изъ глины смѣшанной съ гравіемъ, превосходно сохранились несмотря на обвалившуюся штукатурку. Лебрень по этому образцу въ 1829 г. построилъ фундаментъ и стѣны въ погребѣ своего сельскаго дома, но съ прибавкой смѣси толченой извести и золы каменнаго угля къ землѣ и гравію. Въ тотъ же годъ онѣ построилъ изъ бетона своды въ погребахъ и двѣ маленькія монолитныя арки для шлюза Жюссана на Тарнѣ.

Свои опыты онѣ продолжалъ до 1851 г. Въ 1836 г. онѣ выстроилъ мостъ Св. Павла на рѣкѣ Агу и провелъ дорогу изъ Альба въ Каркассонну, а въ 1839 г. построилъ гризольскій мостъ на боковомъ каналѣ Гаронны.

Въ 1841 г. онѣ выстроилъ мельницу для хлѣбнаго зерна и цемента на Тарнѣ, причѣмъ на свою постройку не пошло ни малѣйшаго куска дерева. Въ 1844 г. онѣ перекинулъ черезъ ручеекъ въ Монтанѣ мостъ, имѣвшій 10 метровъ въ пролетѣ. Кромѣ того, онѣ изготовилъ искусственныхъ камней и облицовокъ для 28 станціонныхъ зданій.

Лебрень опубликовалъ свой трудъ „Sur l'art de construire en beton“, являющійся единственнымъ въ своемъ родѣ; нѣкоторыя выдержки изъ него помѣщены въ дополненіи къ сочиненію Ронделе.

Съ 1855 г., благодаря постоянному улучшенію качествъ

медленно схватывающихся цементовъ, примѣненіе бетона встрѣчается все чаще и чаще; особенно оно расширилось въ послѣдніе годы.

Здѣсь мы не станемъ перечислять тѣхъ работъ, въ которыхъ монолитъ занимаетъ первенствующее мѣсто; для этого мы отсылаемъ читателя къ главѣ 11-ой, въ которой излагаются главнѣйшія примѣненія бетона. Слѣдуетъ однако замѣтить, что эти примѣненія далеко еще не достигли того широкаго значенія, которое они могутъ еще получить. Въ этомъ отношеніи мы съ удивленіемъ замѣчаемъ, что въ Англіи, Германіи, Австріи, Даніи и Швеціи, пользованіе бетономъ гораздо шире распространено, чѣмъ во Франціи и Бельгіи.

Замѣчательно, что способъ Куанье пользуется въ Америкѣ въдесятеро большимъ предпочтеніемъ, чѣмъ на его родинѣ во Франціи.

Объяснить это странное явленіе возможно только несовершеннымъ знакомствомъ съ достоинствами этого способа и заблужденіемъ рутины, стремящейся удѣлять мѣсто монолиту лишь въ скрытыхъ частяхъ построекъ, напр. въ фундаментахъ.

Наконецъ, вотъ уже нѣсколько лѣтъ, какъ военно-инженерное искусство открыло неожиданно широкую область для примѣненій бетона. Въ дѣлѣ фортификаціи, подъ вліяніемъ все увеличивающихся разрушительныхъ дѣйствій снарядовъ, пришлось отыскивать болѣе прочныхъ матеріаловъ, причемъ остановились на бетонѣ, какъ на наиболѣе способномъ оказывать сопротивленіе страшному дѣйствію новыхъ взрывчатыхъ веществъ. Тогда настало время самаго широкаго примѣненія бетона при устройствѣ оборонительныхъ сооружений. Такимъ образомъ, военные инженеры, въ розыскахъ средствъ обороны, пришли къ заключенію, что бетонъ соединяетъ въ себѣ, какъ для возведенія самой постройки, такъ и для кладки фундамента, качества самаго лучшаго и въ тоже время самаго дешеваго матеріала.

Въ наше время гражданская архитектура и практика обыкновенныхъ сооружений, — руководимая и ободряемая добытыми результатами, увѣренно идутъ по новому пути, сфера дѣйствій котораго все расширяется, отчасти благодаря также соединенію на практикѣ монолита съ желѣзомъ.

§ 2.

Цементы.

Прежде всего установимъ, что слѣдуетъ понимать подъ терминомъ — цементъ.

У прежнихъ авторовъ этотъ терминъ встрѣчается на каждомъ шагу, хотя они не имѣли никакого понятія о тѣхъ продуктахъ, къ которымъ въ настоящее время относится этотъ терминъ. Для древнихъ, цементъ былъ просто вяжущимъ веществомъ, тогда какъ это названіе слѣдуетъ сохранить лишь за обожженными веществами, которыя, будучи затѣмъ затворены (смѣшаны съ водою) отдѣльно или въ смѣси съ пескомъ, являются способными образовывать массу, затвердѣвающую на воздухѣ и подѣ водой.

Впервые появился цементъ сравнительно недавно, и невольно возникали попытки изслѣдовать причины, замедлившія открытіе этого драгоценнаго вяжущаго вещества. Этимъ долгимъ ожиданіемъ, какъ такое мнѣніе не парадоксально, мы обязаны римлянамъ.

Дѣло въ томъ, что гидравлическіе растворы римлянъ состояли изъ жирной извести и пуццоланы—вещества вулканическаго происхожденія, находимаго въ изобиліи близъ Неаполя. Жирная известь, дающая наибольшее увеличеніе объема (пученіе), цѣнилась ими болѣе всего; съ прибавкой пуццоланы она давала гидравлическія соединенія.

Нечистая, тощая известь съ меньшимъ выходомъ тѣста была оставлена безъ вниманія. Въ результатъ получилось то, что въ практикѣ сооруженій не только не знали роли кремнезема, но даже боялись его присутствія въ известнякахъ, изъ которыхъ путемъ обжиганія получали известь.

Долгое время, слѣдуя слѣснымъ традиціямъ, продолжали держаться этого заблужденія и, желая пользоваться только жирной известью, пытались помощью прибавки къ ней различныхъ веществъ отыскать секретъ гидравлическихъ свойствъ римскихъ растворовъ.

Инженеру Смитону принадлежитъ честь установки исходной точки теоріи гидравличности, приведшей къ открытію цементовъ. По словамъ женеваца Піетэ, Смитонъ, назначенный на перестройку Эддистонскаго маяка въ 1757 году, подѣ вліяніемъ необходимости пришелъ къ открытію состава раствора, нераспускающагося въ водѣ. Этотъ счастливый случай представился ему у одного негоціанта въ Плимутѣ, куда было привезено большое количество трасса, по однимъ источникамъ изъ Чивиты—Веккіи, по другимъ съ береговъ Рейна, откуда его привозили голландцы. Довольный полученными результатами, этотъ талантливый практикъ, получившій твердѣющіе растворы изъ трасса и извести, содержащей уже отъ 8% до 10% глинистыхъ веществъ, захотѣлъ себѣ дать отчетъ въ наблюденномъ явленіи; послѣ многочисленныхъ опытовъ, онъ нашелъ, что качества смѣси обуславливались присутствіемъ кремнезема, но въ силу того, что химія въ ту эпоху еще

находилась въ зачаточномъ состояніи, ему не удалось основать раціональной теоріи, основанной на научныхъ данныхъ; пришлось ограничиться опытнымъ данными. Все же первый шагъ былъ такимъ образомъ сдѣланъ.

Позднѣе Смитонъ въ своихъ дальнѣйшихъ опытахъ уклонился отъ установленнаго имъ принципа, и, вмѣсто того, чтобы обратиться къ обжигу глинистыхъ известняковъ, онъ сталъ отыскивать при обжиганіи разныхъ веществъ матеріалъ, могущій замѣнить пуццолану.

Та же рутина господствовала и среди французскихъ инженеровъ: они напрягали всѣ свои силы, чтобы получить искусственныя пуццоланы. Въ 1786 г. Шанталь опубликовалъ свой мемуаръ объ обжигѣ охристыхъ земель; онъ ошибочно приписалъ окиси желѣза гидравлическія свойства. Въ 1787 году де-Цессаръ замѣтилъ въ Шербургѣ, что обожженный базальтъ съ верхней Луары, будучи обращенъ въ порошокъ, можетъ замѣнить итальянскую пуццолану.

Въ такомъ положеніи находился этотъ вопросъ, когда въ 1796 году Паркеръ свелъ дѣло на его настоящую почву. Обжигая въ известковыхъ печахъ мергелистыя конкреціи, попадающіяся въ глинахъ близъ Лондона, онъ впервые приготовилъ цементъ въ настоящемъ значеніи этого слова: это былъ *римскій* (романскій) цементъ,—цементъ *быстро схватывающійся*. Это опредѣленіе—*римскій* не вполне точно, какъ извѣстно; продуктъ, о которомъ идетъ рѣчь, не имѣетъ ничего общаго съ составомъ древнихъ; онъ своими качествами сильно отличается отъ послѣдняго особенно быстротой схватыванія.

Въ томъ же году Лесаажъ открылъ гидравлическія свойства въ валунахъ, находимыхъ въ изобиліи въ темной глинѣ, залегающей по берегамъ моря въ Англіи и Булони. Нѣкто Смитъ взялся за фабрикацію цемента, аналогичнаго съ Паркеровскимъ, путемъ обжиганія этихъ валуновъ.

Послѣ этого въ Англіи развилось производство римскаго цемента, тогда какъ на континентѣ все еще упорно примѣняли новыя пуццоланы въ поискахъ за секретомъ римскаго раствора.

Въ 1805 г. Гратъэнъ обжогъ сланецъ въ Гейневилѣ близъ Шербурга; онъ получилъ довольно хорошій результатъ. Въ 1806 г. Лемассонъ съ успѣхомъ обжигалъ близъ Руана охристыя породы. Позднѣе въ Лоріенѣ стали производить обжиганіе жирной глины съ золой каменнаго угля. Наконецъ, стали смѣшивать гашеную известь съ негашеной, съ толченымъ кирпичемъ, съ угольной пылью и т. д.; въ старыхъ руководствахъ можно найти много курьезныхъ деталей, касающихся описанія произведенныхъ попытокъ этого рода.

Въ теченіе всего этого періода фабрикація римскаго цемента производилась на тѣхъ же самыхъ основаніяхъ и долгое время этотъ продуктъ оставался такимъ, какимъ онъ былъ первоначально: думали, что куски слишкомъ обожженные инертны, ихъ удаляли, и потому въ обжигательныхъ печахъ старались не подымать температуры чувствительно выше температуры обжиганія извести.

Искусственный цементъ былъ полученъ въ 1810 году. Эдгаръ Додсъ получилъ его, обжигая высушеную смѣсь жирной гашеной извести и глины; но къ несчастью онъ также устранилъ въ смѣси присутствіе стекловидныхъ продуктовъ, считая ихъ немѣющими значенія и непригодными. Для портландскаго цемента еще не настало время.

Въ 1812 году Вика началъ свои выдающіяся работы, на которыя онъ употребилъ болѣе 30 лѣтъ: онъ выбилъ практику изъ старой колеи и уничтожилъ старые предразсудки; но, не смотря на свой геній, Вика, подобно знаменитымъ Пето, Трессару и Бертье, имѣлъ ложный взглядъ на степень обжига глинистыхъ известняковъ. Онъ былъ близокъ къ открытію цемента медленно схватывающагося, но не замѣтилъ этого, такъ какъ довель обжиганіе только до удаленія воды и углекислоты.

Точно установить время открытія настоящаго портландскаго цемента невозможно. Англійскіе авторы приписываютъ его семейству Аспдинъ, которое путемъ послѣдовательныхъ улучшеній и постепеннаго добавочнаго обжиганія пришло къ полученію медленно схватывающагося цемента.

Въ 1824 году Аспдинъ взялъ въ графствѣ Йоркъ патентъ на продуктъ, названный имъ портландскимъ цементомъ; онъ его называлъ такъ, полагая, что получилъ растворъ по своей крѣпости, строенію и цвѣту похожій на продуктъ, получаемый изъ прекраснаго оолитоваго известняка съ острова Портланда въ Дортширѣ.

Аспдинъ оперировалъ съ смѣсью жирной гашеной извести или обращеннаго въ порошокъ известняка съ глиной, но температура обжига не превосходила сначала температуры известково-обжигательныхъ печей, и цементъ первые годы все еще оставался цементомъ быстро схватывающимся.

Послѣ Аспдина производство развилось значительно шире.

Во Франціи Лакордеръ нацѣлъ въ Пульи въ верхнихъ пластахъ вторичной формации породы, дающія римскій цементъ: былъ основанъ заводъ. Въ 1831 году Горіель началъ эксплуатацію цемента въ Васси; производство распространилось на Гренобль и Булонь, гдѣ въ 1846 году Дюпонъ и Демарль открыли глинистый известнякъ, изъ котораго они и приготовляли римскій цементъ.

Въ Англіи шагъ за шагомъ улучшалось производство цемента; но только въ 1850 году при работахъ на берегахъ Ла-Манша появился цементъ медленно схватывающійся. Булонскіе заводы стали переходить на приготовленіе этого новаго продукта. Парлясъ произвелъ первые опыты надъ портландскимъ цементомъ при перестройкѣ моста Св. Михаила въ 1855 году.

Въ 1855 году производство цементовъ было распространено почти по всѣмъ европейскимъ государствамъ.

Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно кинуть самый бѣглый взглядъ на интересный трудъ М. Делесса: „Строительные материалы на всемірной выставкѣ 1855 года“.

Въ это время Франція обладала уже многочисленными центрами производства, какъ то: Булонь, Кагоръ, Шанъ-Ронъ, Корбиньи, Дуе, Гопъ, Гренобль, Гюетари, Муассакъ, Васси, Пульи, Рокфоръ, Нарбонна, Витри и т. д.

Водопроводы въ Бордо, монолитные водостоки предмѣстья Сентъ-Антуанъ въ Парижѣ были приготовлены изъ булонскаго цемента.

Венгрія представила на выставкѣ: бассейны, водостоки, плиты для мощенія, карнизы и т. д., приготовленные изъ цемента.

Изъ цемента съ острова Жіудекка (Венеція) были построены устои моста, своды, водопроводы, бассейны, фонтаны.

Норвегія выставила модели, сдѣланныя изъ цемента съ Каттамарса, Лангоена, Багааса.

Со стороны Испаніи фигурировалъ цементъ съ Сентъ-Себастьяна.

Германія, Англія, даже Канада, представили громадное разнообразіе этого матеріала.

Но все же цементы медленно схватывающіеся были еще рѣдкостью; образцы, фигурирующіе на выставкѣ, далеко еще не могли служить выраженіемъ теперешняго состоянія этой промышленности и лишь свидѣтельствовали о нѣсколькихъ годахъ опытнаго изученія этого рода цементовъ и ихъ примѣненія. Только около 1870 года, благодаря все болѣе и болѣе строгимъ требованіямъ, предъявляемымъ къ фабрикантамъ, фабрики стали, при тщательности операций, внесенной во всѣ приемы производства, вырабатывать цементъ, медленно схватывающійся, такимъ, какимъ мы его знаемъ теперь.

Съ 1870 года производство этого рода цементовъ постоянно совершенствуется; къ сожалѣнію только, промышленность эта въ

своемъ развитіи начинаетъ обращать исключительное вниманіе на изготовленіе продукта все большаго и большаго сопротивленія, что на практикѣ часто вовсе не имѣетъ никакого значенія.

Желая указать на это, М. Лешатель справедливо замѣчаетъ, что вполнѣ излишне, чтобы цементъ, отъ котораго не требуется сопротивленія раздавливанію, превышающаго 10 килогр. на кв. сантиметръ, оказывалъ при опытахъ сопротивленіе въ 300 килогр.— 500 килогр.

Въ большинствѣ случаевъ обыденной практики, строителю рѣшительно нѣтъ никакой надобности въ столь избыточномъ сопротивленіи.

Съ другой стороны, въ этомъ стремленіи получать все большія и большія сопротивленія не было бы ничего нежелательнаго, если бы оно не отзывалось матеріально на покупателя, принужденномъ платить гораздо дороже за эти исключительные продукты.

Усовершенствованія производства должны прежде всего не упускать изъ вида пониженія продажной цѣны.

Цементная промышленность въ наше время основалась почти во всѣхъ европейскихъ государствахъ; прибавимъ въ заключеніе, что годовое производство достигло теперь почти десяти милліоновъ тоннъ.

ГЛАВА II.

Цементы.

§ 1.

Общія опредѣленія.

Классификація. Цементы раздѣляются на двѣ большія категоріи, заключающія въ себѣ: цементы *быстро схватывающіеся* и цементы *медленно схватывающіеся*.

Цементы быстро схватывающіеся носятъ названіе романскихъ или римскихъ цементовъ.

Цементы медленно схватывающіеся вообще называются портландскими цементами.

Названіе *романскій* всегда указываетъ на быстроту схватыванія, тогда какъ одного названія *портландскій* не достаточно чтобы указать этимъ на медленность затвердѣванія: есть портландскіе цементы быстро схватывающіеся.

Цементы быстро схватывающіеся или романскіе часто называются естественными цементами, а цементы медленно схватывающіеся называются искусственными.

Эта послѣдняя классификація вообще не выражаетъ дѣйствительности, такъ какъ нѣкоторые естественные цементы обладаютъ медленнымъ схватываніемъ, а нѣкоторые искусственные могутъ быть быстро схватывающими.

Вообще въ условіяхъ купли и продажи цемента приходится каждый разъ обозначать быстроту его схватыванія, въ разговорномъ же языкѣ довольствуются сокращеніями: цементъ романскій, цементъ портландскій,—что бы обозначить продуктъ быстрого или медленнаго схватыванія.

Иногда также различаютъ среднюю быстроту схватыванія.

Отличительныя особенности. Портландскій цементъ, по причинѣ медленности схватыванія, употребляется чаще романскаго.

Схватываніе послѣдняго совершается всего въ нѣсколько минутъ. Эта быстрота затвердѣванія мѣшаетъ манипуляціямъ съ

большими массами раствора и препятствует примѣненію романскаго цемента къ приготовленію бетоновъ.

Эти послѣдніе, изготавливаемые заразъ большими количествами, часто, раньше чѣмъ пойдутъ въ дѣло, подвергаются довольно сложнымъ операціямъ, и потому является опасность, что быстро схватывающійся цементъ начнетъ затвердѣвать во время перемѣшиванія, переноски, или, что еще хуже, до операціи трамбованія бетона. При такихъ условіяхъ изготовленіе монолита разумѣется не мыслимо.

Прочность портландскаго цемента больше прочности романскаго.

Романскіе цементы требуютъ при ихъ примѣненіи больше хлопотъ и спеціальнаго практическаго обращенія, чѣмъ портландскіе, съ которыми свободно справляются простые рабочіе. Этимъ объясняется менѣе широкое пользованіе романскими цементами, безъ которыхъ однако нельзя обойтись въ нѣкоторыхъ частныхъ случаяхъ: при остановкѣ теченія источниковъ, оградительныхъ гидротехническихъ сооруженій и т. д. тамъ, гдѣ требуется особенно быстрое затвердѣваніе раствора.

Эта книга спеціально разбираетъ цементы медленно охватывающіеся.

Принципы производства. Романскій цементъ. Романскіе цементы получаютъ путемъ обжига известняковъ, содержащихъ отъ 30—50% глины.

Известнякъ обжигается въ печахъ, схожихъ съ обыкновенными известковообжигательными печами, при температурѣ, аналогичной температурѣ полученія извести. Полученный продуктъ толчется и обращается въ порошокъ; этотъ порошокъ просѣивается и, послѣ нѣкотораго времени пребыванія его въ закромахъ, ссыпается въ мѣшки.

Портландскій цементъ. Портландскіе цементы получаютъ при обжиганіи болѣе сильною.

Степень нагрѣванія при обжиганіи соотвѣтствуетъ температурѣ бѣлаго каленія — температурѣ, которая колеблется между 1600° и 1800° (по Цельсію).

Известняки, идущіе на обжигъ портландскаго цемента, содержатъ обыкновенно 20% — 25% глины.

Портландскій цементъ представляетъ собою продуктъ довольно постояннаго химическаго состава, почему въ природѣ рѣдко встрѣчаются известняки, могущіе доставить сами по себѣ желае-

мый продукт. Если же такой известнякъ имѣется, имъ слѣдуетъ пользоваться съ большою осмотрительностью, такъ какъ никогда нельзя быть увѣреннымъ въ однородности его состава; послѣдній можетъ мѣняться въ каждомъ кускѣ этого известняка. Вотъ причина, вызвавшая производство искусственнаго цемента, при которомъ имѣютъ дѣло со смѣсью известняка и глины, пропорціи которыхъ мѣняются по усмотрѣнію; поэтому то также названіе искусственные цементы относятъ вообще говоря къ портландскимъ цементамъ.

Первоначальные матерьялы—углекислая известь и глина размельчаются и затѣмъ тщательно перемѣшиваются мокрымъ путемъ.

Тѣсто, приготовленное такимъ образомъ, высушивается и затѣмъ нагружается въ печь. Обжигательныя печи устраиваются разной конструкціи и различныхъ системъ. По выходѣ изъ печи продуктъ подвергается сортировкѣ, при чемъ удаляются частицы недостаточно или слишкомъ обожженные. Послѣ сортировки продуктъ подвергается дробленію, помолу, просѣиванію и затѣмъ сдается въ магазинъ.

Различные цементы. Выше мы видѣли, что существуютъ двѣ большія системы производства: романскаго цемента, получаемаго изъ естественныхъ известняковъ, и портландскаго,— получаемаго изъ искусственной смѣси известняка и глины.

Кромѣ обыкновенныхъ искусственныхъ портландскихъ цементовъ существуютъ еще слѣдующіе медленно схватывающіеся цементы:

1°. Приготовленные изъ естественныхъ известняковъ. Получается естественный портландскій цементъ медленно схватывающійся.

2°. Цементы изъ *grappiers*, т. е. изъ недожженныхъ и пережженныхъ кусковъ извести, нераспускающихся при гашеніи; эти *grappiers* подвергаются разнымъ манипуляціямъ, цѣль которыхъ извлечь изъ нихъ полезныя части, которыя затѣмъ прибавляютъ къ извести; послѣ разныхъ приготовленій и сортировокъ получается остатокъ, очень богатый кремнеземомъ и служащій для производства цемента.

3°. Смѣшанные цементы, являющіеся комбинаціей естественныхъ цементовъ и цементовъ изъ *grappiers*.

Всѣ эти продукты часто обладаютъ очень хорошими качествами, но имъ вредитъ то, что составъ ихъ не такъ постояненъ и сопротивленіе, вообще говоря, уступаетъ искусственнымъ портландскимъ цементамъ. Ставя на видъ эти ихъ слабыя стороны, не слѣдуетъ забывать, что лучшіе портландскіе цементы въ нынѣшнее время даютъ сопротивленія прямо невѣроятныя, излишество которыхъ, часто бесполезное, въ большинствѣ случаевъ не обусловливается потребностями практики.

40. Превосходные медленно схватывающіеся цементы, нѣсколько лѣтъ тому назадъ впервые появившіеся въ промышленности и получаемые изъ шлаковъ доменныхъ печей.

Этого рода цементы извѣстны менѣе портландскихъ и мы да-лѣе дадимъ относительно ихъ нѣкоторыя свѣдѣнія.

Но дабы сдѣлать изложеніе предмета болѣе доступнымъ читателю, мы сначала дадимъ общее понятіе о медленно схватывающихъ цементахъ.

§ 2.

Главные требованія, предъявляемыя на практикѣ къ цементамъ.

Цементъ находится въ продажѣ въ видѣ порошка, укупореннаго въ мѣшки или бочки.

На практикѣ прежде всего является вопросъ, по какимъ даннымъ можно опредѣлить качество цемента. Эта задача сложная, такъ какъ цементъ хорошихъ качествъ долженъ удовлетворять цѣлому ряду требованій. Тѣ потребители, кому приходилось пользоваться имъ постоянно, и въ чьихъ интересахъ важно было выяснить этотъ вопросъ, замѣтили, съ какими трудностями приходится считаться при разрѣшеніи этой проблемы, такъ какъ требуемыя качества цемента зависятъ отъ массы факторовъ.

Тѣмъ не менѣе на практикѣ во всѣхъ странахъ составляются подрядныя условія (техническія условія поставки, пріемки), въ которыхъ различныя составныя части цемента, оказывающія влияние, урегулированы извѣстными требованіями и въ извѣстной степени строгими числовыми данными. Разсмотрѣніе главнѣйшихъ изъ этихъ требованій, извѣстное сочетаніе которыхъ или частное ихъ примѣненіе читатель можетъ встрѣтить въ торговлѣ, и анализъ, основанный на соображеніяхъ, вызвавшихъ установленіе этихъ требованій, составляетъ сущность этого параграфа, который не смотря на свою краткость, имѣетъ важное практическое значеніе.

Составъ. Иногда условія поставки требуютъ полученія цемента путемъ обжиганія смѣси углекислой извести и глины, безъ участія какого либо другого матеріала.

Такой цементъ въ отличіе отъ цементовъ, получаемыхъ изъ естественныхъ мергелей, grappiers, шлаковъ, обнаруживаетъ постоянство состава, какъ это было замѣчено выше. Эти же послѣдніе цементы, получаемые изъ матеріаловъ часто самаго хорошаго качества въ отдѣльности, въ комбинаціи этихъ матеріаловъ, могутъ иногда обнаружить ненадежный составъ.

Химическій анализъ. Часто въ условіяхъ поставки обозначается процентное содержаніе составныхъ частей цемента: извести, глинозема, кремнезема и т. д.

Анализъ, самъ по себѣ, не опредѣляетъ еще достоинствъ цемента: часто случается, что два цемента одинаковаго состава обладаютъ совѣмъ различными свойствами. Но, хотя анализъ не представляетъ рѣшающаго орудія въ сужденіи о качествахъ цемента, тѣмъ не менѣе онъ часто указываетъ на непригодность цемента при обнаруженіи въ послѣднемъ аномальнаго содержанія: извести, кремнезема и т. д.

Сѣрноокислая известь. Часто указывается minimum содержанія сѣрнокислой извести въ цементѣ. Этотъ minimum колеблется между 1% и 1,5%.

Водная сѣрноокислая известь въ природѣ встрѣчается въ видѣ гипса; гипсъ при нагрѣваніи до 120° теряетъ свою воду; безводный гипсъ, будучи смѣшанъ съ водой, обладаетъ способностью пучиться.

Присутствіе сѣрнокислой извести ослабляетъ сцѣпленіе цементныхъ растворовъ, такъ какъ разбуханіе ея или лучше сказать увеличеніе ея объема нарушаетъ компактность монолита.

Опасныя неудобства, вызываемыя ею, еще увеличиваются при гидротехническихъ сооруженіяхъ; гипсъ, нарушившій однородность массива, мало по малу растворяется и уносится водой; благодаря этому образуются пустоты; массивъ, ставшій проницаемымъ, не можетъ сопротивляться циркуляціи воды, и послѣдняя начинаетъ размывать внутреннія части сооруженія.

При морскихъ сооруженіяхъ въ этомъ случаѣ опасность еще значительнѣе, такъ какъ въ нихъ массивъ со всѣхъ сторонъ является проницаемымъ для воды, и сооруженіе неминуемо должно рухнуть въ силу того, что процессъ разрушенія, вызываемый размытіемъ, еще усиливается химическими дѣйствіями, измѣняющими природу цементнаго раствора до самаго центра массива.

Тонкость помола. Степень размельченія цемента опредѣляется на практикѣ размѣромъ зеренъ, остающихся при просѣиваніи черезъ сито, имѣющее нѣкоторое опредѣленное количество отверстій на 1 кв. сантиметръ его поверхности.

Обыкновенно примѣняются сита, имѣющія 324, 900 и 5.000 отверстій на 1 кв. сантиметръ. Тонкость помола является существеннымъ условіемъ качества цемента.

Чѣмъ сильнѣе измелченъ цементъ, тѣмъ частицы его быстрѣе вступаютъ въ реакцію и тѣмъ онъ, слѣдовательно, активнѣе.

Крупныя зерна инертны, или по крайней мѣрѣ вступаютъ въ реакцію спустя долгое время и въ этомъ послѣднемъ случаѣ замѣтно менѣе активны.

Дѣйствительно, большое зерно представило бы гораздо болѣешую поверхность воздѣйствія, если бы было разбито на нѣсколько частей.

Эта истина особенно бросается въ глаза при сравненіи растворовъ, полученныхъ изъ цементовъ различной величины зеренъ; результаты сравненія всегда въ пользу мелко просѣянной муки.

Англичане, напримѣръ, обращаютъ очень большое вниманіе на размельченіе цемента.

Есть еще одно качество, независимо отъ сопротивленія, увеличивающагося съ уменьшеніемъ крупности зерна,—это непроницаемость растворовъ, столь существенная при работахъ, цѣль которыхъ создать преграду для доступа воды.

Цементъ мелко размолотый даетъ растворъ менѣе проницаемый для воды, чѣмъ цементъ крупно измолотый.

Цементъ, дающій 20% остатка при просѣиваніи сквозь сито въ 900 отверстій, уже считается цементомъ хорошаго качества.

Иногда ставятъ въ условіе, чтобы цементъ былъ просто измелченъ въ порошокъ: такое условіе неясно, неопредѣленно. Размельченіе должно строго опредѣляться для каждаго продукта, находящагося въ продажѣ, процентнымъ содержаніемъ остатка цемента при просѣиваніи его сквозь сито съ указаннымъ числомъ отверстій на 1 кв. сант.

Плотность. Условіями подряда назначается вообще наименьшая плотность, которую долженъ имѣть цементъ; здѣсь идетъ рѣчь о кажущейся плотности, т. е. о вѣсѣ цемента въ порошокъ, считая и и пустоты, образуемыя частицами.

Наименьшая плотность цемента установлена въ силу слѣдующихъ соображеній.

Принято считать, что хорошій цементъ долженъ получаться изъ матеріаловъ хорошо обожженныхъ, которые, благодаря сильному обжигу, доводятся до спеканія, становятся болѣе компактными и слѣдовательно увеличиваются въ вѣсѣ.

Изъ этого слѣдуетъ, что хорошій цементъ долженъ обладать значительнымъ вѣсомъ, и что легкому цементу нельзя особенно довѣрять.

Но при этомъ надо замѣтить, что опредѣленіе плотности цемента, величина которой соотвѣтствовала бы назначенію, должно вестись при условіяхъ, которыя заказъ часто не опредѣляетъ вполне точно.

1°. Необходимо предписать, чтобы *взвѣшиваніе цемента происходило для опредѣленнаго объема, и чтобы цементъ при введеніи его въ мѣрку не подвергался уплотненію (осаданію).*

Эта послѣдняя предосторожность обыкновенно и принимается; для этого заставляютъ цементъ скользить по плоскости, наклоненной подъ угломъ въ 45° , съ которой онъ тихо скатывается въ измѣритель.

Если бы мы стали всыпать его непосредственно въ мѣрку то большая или меньшая высота паденія вліяла бы на величину его плотности, такъ какъ цементъ способенъ уплотняться отъ малѣйшихъ сотрясеній.

2°. *Необходимо задать опредѣленную мѣру вместимости; напр.: литръ, гектолитръ, кубическій метръ.*

Важность этого требованія легко понять изъ того, что цементъ уплотняется подъ вліяніемъ своего собственнаго вѣса. Гектолитръ цемента, вѣсомъ въ 130 килограммъ, можетъ дать литръ, вѣсящій отъ 10 до 11 килограммовъ.

Важно также назначить линейные размѣры объема, служащаго мѣркой, такъ какъ часто слово *кубическій* употребляется въ общемъ смыслѣ объема.

3°. Главное условіе сравненія тождественныхъ матеріаловъ остается почти всегда невыполнимымъ, а именно: *плотности должны быть опредѣляемы при одинаковой величинѣ зерна, т. е. при одинаковой тонкости помола* этихъ матеріаловъ.

Какъ показываютъ практика и вычисленіе, возможно, пользуясь смѣсями зеренъ разной величины, варьировать плотности и получить плотность съ заранее указаннымъ коэффициентомъ: все дѣло состоитъ въ измѣненіи объемовъ пустотъ между частицами порошка.

Однимъ словомъ, при заключеніи договора, никогда не слѣдуетъ забывать, что плотность цемента зависитъ отъ сита, употребленнаго при просѣиваніи его.

Теперь будетъ уместно замѣтить слѣдующее:

Цементъ долженъ быть очень мелкимъ и въ то же время очень тяжелымъ. Эти два качества противорѣчивы, ибо чѣмъ цементъ мельче, тѣмъ въ немъ больше пустотъ и, слѣдовательно, тѣмъ онъ легче.

Поэтому не слѣдуетъ доводить дѣла до крайности, требуя отъ слишкомъ мелкаго цемента слишкомъ большой плотности: одно требованіе противорѣчитъ другому. Крайность въ этомъ смыслѣ можетъ повести къ слишкомъ сильному обжиганію, съ цѣлью увеличенія вѣса; но въ такомъ случаѣ можетъ получиться масса инертная и лишенная связующаго дѣйствія.

Портландскій цементъ хорошо измельченный обладаетъ плотностью, колеблющейся между 1400 и 1600 килогр. въ одномъ куб. метрѣ.

Вообще же требуется плотность въ 130 килогр. на гектолитрѣ.

Предыдущія замѣчанія относятся только къ портландскимъ цементамъ и было бы не справедливымъ возвести въ принципъ, что *всякій* хорошій цементъ долженъ быть тяжелымъ; на самомъ дѣлѣ существуютъ легкіе цементы медленно схватывающіеся превосходнаго качества: таковы цементы шлаковые. Эти послѣдніе имѣютъ даже то преимущество, что, примѣненные въ равномъ вѣсѣ въ растворахъ, даютъ болѣе выходъ тѣста.

Удѣльный вѣсъ. Въ условія подряда иногда включается наименьшій удѣльный вѣсъ. Удѣльный вѣсъ цемента неразрывно связанъ съ его плотностью; но онъ относится къ самому веществу цемента, лишеннаго пустотъ.

Естественный портландскій цементъ можетъ удовлетворить испытаніямъ надъ плотностью, но можетъ не отвѣчать требованіямъ касательно удѣльнаго вѣса его.

Требованіе наименьшаго удѣльнаго вѣса касается лишь искусственныхъ портландскихъ цементовъ. Только въ нихъ удѣльный вѣсъ указываетъ на качества продукта. Если это условіе включено въ договоръ при подрядѣ, то необходимо устраняются цементы естественные, шлаковые и т. д.

Отъ портландскихъ искусственныхъ цементовъ обыкновенно требуютъ удѣльнаго вѣса отъ 3,05 до 3,15.

Продолжительность схватыванія.

1° Промежутокъ времени, долженствующаго пройти, между затвореніемъ цемента и началомъ схватыванія долженъ быть также обусловленъ; онъ обыкновенно длится отъ 20 минутъ до 1 часа.

Цѣль этого требованія двоякая:

а) Цементъ рано схватывающійся содержитъ излишекъ негашеной извести, что является результатомъ дефектовъ произ-

водства или указываетъ на слишкомъ недавнее его полученіе, такъ что известь не успѣла еще превратиться въ углекислосоединеніе. Въ массивахъ эта свободная известь играетъ разрушающую роль сульфата извести, который своимъ вспучиваніемъ вредитъ прочности постройки.

б) Цементъ рано схватывающійся не годится для бетонныхъ работъ, какъ мы это видѣли въ началѣ главы.

Съ другой стороны начало схватыванія не должно наступать слишкомъ поздно, такъ какъ это противорѣчитъ самой идеѣ примѣненія цемента.

2° Конецъ схватыванія долженъ наступить по истеченіи известнаго срока.

Обыкновенно на это кладутъ отъ 4 до 5 часовъ.

Установленъ этотъ короткій срокъ потребностями практики, особенно при быстромъ сооруженіи большихъ массивовъ.

Слишкомъ медленное отвердѣваніе подвергло бы постройку осѣданію и опаснымъ смѣщеніямъ.

При нѣкоторыхъ гидротехническихъ сооруженіяхъ приходится прибѣгать къ еще болѣе быстро схватывающимся растворамъ.

Часто ставятъ въ упрекъ шлаковымъ цементамъ ихъ слишкомъ медленное затвердѣваніе.

Испытанія сопротивленія. Технические условія для приѣмки цемента требуютъ также испытаній надъ сопротивленіемъ его. Эти испытанія представляютъ самое надежное и вѣрное средство для сужденія о качествѣ продукта.

Обыкновенно производятъ испытанія лишь надъ сопротивленіемъ растяженію, хотя въ каменныхъ сооруженіяхъ цементу почти сплошь приходится испытывать сопротивленіе сжатію. Эта аномалія объясняется дороговизной расходовъ на производство опытовъ надъ сжатіемъ; въ наше время, впрочемъ въ большинствѣ лабораторій имѣются для этого надлежащія приспособленія. Благодаря такому характеру опытовъ, коэффициентъ сжатія, представляющій такой громадный интересъ, остается часто неизвѣстнымъ; но наблюденіе показало, что можно вывести величину коэффициента сжатія, зная сопротивленіе растяженію и прибавляя нѣкоторый особый коэффициентъ; мы еще вернемся къ этому предмету въ главѣ «О сопротивленіяхъ».

Испытанія производятся надъ кирпичиками изъ чистаго цемента и надъ кирпичиками, приготовленными изъ раствора опре-

дѣленнаго и постояннаго состава. Образчики испытываютъ въ теченіе опредѣленнаго срока времени, около мѣсяца.

Одни кирпичики сохраняются на воздухѣ, другіе подъ водой.

Испытанія надъ чистымъ цементомъ имѣютъ лишь относительный интересъ, такъ какъ цементъ безъ прибавки песку рѣдко употребляется при сооруженіяхъ; но эти испытанія надъ чистымъ цементомъ даютъ приблизительное предсказаніе будущихъ свойствъ, которыя цементъ проявитъ въ растворѣ.

Наиболѣе рачіональными слѣдуетъ признать испытанія надъ сопротивленіями цементныхъ растворовъ.

Было-бы трудно описать всѣ опыты, производимые надъ различными растворами, такъ какъ составъ послѣднихъ разнообразенъ до безконечности. Возьмемъ лишь типичный растворъ, средняго состава, въ общемъ приближающійся къ случаямъ практики.

Чтобы можно было сравнивать результаты испытаній, всегда берется уже извѣстнаго рода песокъ. Такой песокъ, носящій названіе нормальнаго, есть чистый кварцевый песокъ,—промытый, проходящій черезъ сито въ 60 отверстій на кв. сантиметръ и остающійся на ситѣ въ 120 отверстій.

Во Франціи такія сита имѣютъ 64 и 144 отверстія.

Растворъ составляется изъ 1 части цемента и 3 частей песка.

Опыты надъ сопротивленіемъ должны быть многочисленны и производиться умѣлымъ практикомъ, такъ какъ на результаты вліяетъ масса факторовъ, важнѣйшіе изъ которыхъ суть: количество воды, употребленной для затворенія, качество и температура воды, качество работы экспериментатора, форма образцовъ для испытанія, величина площади сѣченія при разрывѣ и т. д.

Части песку и цемента должны быть взяты по вѣсу.

Сопротивленіе разрыву, относимое къ цементнымъ растворамъ упомянутаго состава, затвердѣвающимъ въ продолженіе 28 дней, принимается во Франціи, Бельгіи и Россіи—15 клг. на кв. сантим.; въ Румыніи требуютъ 17 и 20 клг.

Возрастъ цемента Практика показываетъ, что долженъ пройти извѣстный промежутокъ времени между изготовленіемъ цемента и его употребленіемъ въ дѣло—промежутокъ, когда цементъ сохраняется въ закромахъ.

Дѣло въ томъ, что всякій свѣжій цементъ содержитъ нѣкоторое количество свободной извести, и надо дать время, чтобы влажность и углекислота воздуха успѣли обратить эту известь въ

углекислую. Карбонатъ извести инертенъ въ водѣ и онъ не причинить однородности массива того вреда, которымъ бы угрожало постройкѣ вспучиваніе негашеной извести.

Цементъ сохраняется нѣкоторое время въ кучѣ въ амбарахъ, гдѣ должна быть устроена хорошая вентиляція воздуха.

Многіе держатся обратнаго мнѣнія, что сохраненіе его въ амбарахъ есть ненужная предосторожность. Практика, всего болѣе компетентная въ этомъ случаѣ, прямо указываетъ, что этой теоріей руководить можетъ развѣ только желаніе избавиться отъ постройки дорого стоящихъ амбаровъ для храненія.

Постоянство объема. Образецъ, приготовленный изъ тѣста чистаго цемента или раствора, долженъ сохранять свой объемъ постояннымъ, не испытывая усушки и не давая трещинъ. Это качество необходимо, чтобы можно было при каменныхъ работахъ ручаться за полную однородность и избѣжать распада и трещинъ.

Вредное вліяніе на сохраненіе постоянства объема оказываютъ избытокъ извести, сѣрной кислоты и преждевременное употребленіе цемента въ дѣло.

Непроницаемость. Это качество становится необходимымъ, когда цементъ или его растворъ долженъ играть роль преграды для воды; сопротивленіе цемента въ такихъ случаяхъ имѣетъ уже вѣроятное значеніе.

Испытаніе непроницаемости производится различными способами, но всѣ они сводятся къ опредѣленію количества воды, могущаго быть поглощеннымъ или количества воды, проходящаго черезъ пластинку цементнаго раствора опредѣленной толщины.

Различныя другія требованія. Часто въ условіяхъ подряда ставятся требованія, цѣль которыхъ не требуетъ поясненія: упоминается о контролѣ администраціи надъ производствомъ заводовъ, требуется пломбированная укупорка мѣшковъ, препятствующая подмѣнѣ продукта. Предосторожность доходитъ до того, что ставится требованіемъ, чтобы мѣшки были зашиты швами внутрь, а не наружу, дабы помѣшать возможности подмѣны цемента продуктомъ низшаго качества. Считаютъ сомнительными и часто забраковываютъ мѣшки съ цементомъ, содержащимъ куски сплотившейся массы, если эти послѣдніе не рассыпаются легко подъ давленіемъ пальцевъ.

Условія договоровъ при подрядахъ видоизмѣняются постоянно; типомъ, наиболѣе полнымъ, документовъ этого рода можетъ служить подрядное условіе (*cahier des charges*), выработанное Гюилленомъ, и принимаемое, съ нѣкоторыми измѣненіями, для всѣхъ работъ во Франціи.

Нѣкоторые коэффициенты. Чтобы дать читателю нѣкоторое понятіе объ коэффициентахъ, характеризующихъ качества цемента, мы помещаемъ здѣсь таблицу съ результатами, полученными испытаніемъ надъ цементами, принятыми при сооруженіи 21 форта въ Масскомъ департаментѣ. Слѣдуетъ замѣтить, что числа, приведенныя ниже, суть среднія изъ данныхъ, полученныхъ при испытаніи болѣе чѣмъ 8000 образцовъ цементовъ.

Замѣтимъ еще, что въ этихъ испытаніяхъ minimum сопротивления никогда не оказывался ниже, чѣмъ требуется условіями подряда, тогда какъ maximum часто превышалъ въ 3 раза предписанную величину сопротивления.

Цементные заводы.	Схватываніе.		Наибольшій остатокъ на сѣтѣ въ 900 отверстій.	Сопротивленіе разрыву на 1 кв. сантиметръ.			
	Начало.	Конѣцъ схватыванія.		Чистый цементъ.		1 часть цемента + 3 части песку.	
				1 день на воздухъ.	1 день на воздухъ.	1 день на воздухъ.	1 день на воздухъ.
				6 дней въ водѣ.	27 дней въ водѣ.	6 дней въ водѣ.	27 дней въ водѣ.
Предписанные коэффициенты.	$\frac{1}{2}$ часа.	отъ 3 до 12 ч.	15%	25 килогр.	35 килогр.	8 килогр.	15 килогр.
Французскій .	1 ч. 18 м.	5 ч. 50 м.	7.47	33,70 кгр.	43,60 кгр.	14,90 кгр.	22,70 кгр.
Французскій .	3 ч. 0 м.	7 ч. 32 м.	7.90	40,70 »	49,70 »	18,60 »	25,00 »
Бельгійскій .	0 ч. 32 м.	3 ч. 16 м.	3.25	34,30 »	45,50 »	19,60 »	26,20 »
Бельгійскій .	1 ч. 11 м.	6 ч. 20 м.	5.60	37,50 »	51,10 »	18,70 »	25,60 »
Бельгійскій .	1 ч. 23 м.	6 ч. 37 м.	7.20	39,20 »	51,10 »	20,00 »	25,80 »
Бельгійскій .	1 ч. 32 м.	6 ч. 14 м.	7.50	37,00 »	50,10 »	18,70 »	26,30 »

Заключеніе о пользѣ испытаній. Обзоръ всѣхъ вышеуказанныхъ требованій указываетъ, что очень трудно установить способъ распознать хорошій цементъ, и задача эта до сихъ поръ не разрѣшена вполне.

Дѣйствительно, испытанія даютъ намъ очень мало, чтобы судить объ истинныхъ качествахъ цемента.

По наблюденіямъ Лешателье, они позволяютъ только заключить, что въ извѣстныхъ частныхъ случаяхъ разсматриваемый цементъ дѣйствительно негоденъ, но никогда не даютъ права съ увѣренностью сказать что такой то цементъ непрѣмѣнно годенъ, что, конечно, было бы гораздо важнѣе знать.

Лешателье подчеркиваетъ также тотъ не желательный фактъ,

что испытанія, обыкновенно производимыя надъ цементами, имѣютъ цѣлью опредѣленія извѣстныхъ качествъ, совершенно разнящихся отъ качествъ, требуемыхъ практикой; но онъ высказываетъ надежду, что современемъ найдутъ такіе рациональные методы испытаній, которые позволятъ прямо судить объ этихъ послѣднихъ качествахъ, какъ то: сопротивленіи цемента въ строгомъ смыслѣ этого слова, достаточной силѣ сцѣпленія его съ другими строительными матеріалами, сопротивленіи атмосфернымъ измѣненіямъ и т. д.

Испытанія при настоящихъ условіяхъ казалось бы приносить лишь относительную пользу; тѣмъ не менѣе и въ настоящемъ своемъ видѣ эти испытанія имѣютъ большое значеніе, такъ какъ, если они и не могутъ твердо установить качествъ даннаго цемента, то все-таки служатъ для сравненія испытуемыхъ цементовъ другъ съ другомъ и съ испытанными уже ранѣе продуктами, давшими на практикѣ хорошіе результаты.

Ларошъ въ своемъ трудѣ «Гидротехническія работы» такъ выясняетъ положеніе вопроса.

«Если цементъ, приготовленный по извѣстному способу извѣстнымъ заводомъ, далъ въ продолженіи долгаго времени удовлетворительные результаты, то необходимо, чтобы производство во всѣхъ отношеніяхъ продолжало оставаться, по возможности, прежнимъ. Необходимо, чтобы составъ цемента, его плотность, степень измельченія въ порошокъ и т. д. измѣнялись лишь въ самыхъ тѣсныхъ предѣлахъ. Необходимо также, чтобы продолжительность схватыванія занимала по возможности прежній промежутокъ времени, чтобы сопротивленіе растяженію или раздавливанію послѣ тѣхъ же промежутковъ времени не измѣнялось существенно при переходѣ отъ одного образца къ другому и т. д. Становится также понятной настойчивая тщательность, на первый взглядъ излишняя, съ которой подробно опредѣляются въ условіяхъ поставки требуемыя условія испытаній надъ цементами, съ цѣлью установить сравненіе различныхъ поставокъ».

Обыкновенный потребитель вообще говоря не имѣетъ въ своемъ распоряженіи лабораторіи и не можетъ провѣрить качествъ цемента. Поэтому отъ поставщика онъ требуетъ гарантій, изложенныхъ въ условіяхъ подряда и выбранныхъ имъ самимъ. Ничто не мѣшаетъ ему для провѣрки отправить въ извѣстныя лабораторіи нѣсколько пробъ, данной поставки.

Для обычныхъ практическихъ примѣненій не слѣдуетъ ставить слишкомъ педантичныхъ требованій въ условіяхъ подряда: это повело бы къ тому, что пришлось бы заплатить слишкомъ дорого за продуктъ, исключительныя качества котораго явятся къ тому же излишними. Частное лицо можетъ быть увѣрено, что получить портландскій цементъ, удовлетворяющій обычнымъ тре-

бoвaнiямъ пpaктики, eсли пpeдъявить пocтaвщикy пpoстo cлѣдующiя ycлoвiя: a) вoзpaстъ и б) coпpoтивлeнiе нopмaльнoгo paствopa, coпpoтивлeнiе дaжe пoнижeннoe нa 20% пpoтивъ oбыкнoвeннo paзcчитывaeмыхъ.

Для мeнѣe гpyбыхъ paбoтъ, кaкъ тo: мoщeнiя плитoй, цистepнъ, и т. д. слѣдуeтъ дѣлaть указaнiя въ ycлoвiяхъ пoдpядa пoлнocтью.

Тoрoвoвыя сдѣлки. Bыпoлнeнiе бoльшихъ paбoтъ тpeбуeтъ чaстo гpoмaдныхъ кoличeствъ цeмeнтa, тaкъ чтo вoпpoсъ зaкупки являeтся кaпитaльнымъ и тpeбуeтъ, чтoбы тщaтeльнo вьpaбoтaннымъ кoн-тpaктoмъ былo стpoгo oпpeдѣлeнa дocтaвкa пapтиi.

Спocoбъ укупoрки дoлжeнъ быть пpeдycмoтpeнъ: мѣшки или бoчки.

Стoимocть укупoрки тaкжe oпpeдѣлeтcя: oнa включaeтcя или нѣтъ въ цѣну зa бoчку мaтepиaлa.

Оплaчивaeмый вѣсъ дoлжeнъ oтнocиться къ вѣсу бoчки netto, a нe къ вѣсу бoчки brutto (вѣсъ мaтepиaлa, включaя cюдa и вѣсъ сaмoй бoчки).

Пocтaвщикъ oтвѣчaeтъ зa кaчecтвa, тpeбуeмыя ycлoвiями пoдpядa.

Вoзpaстъ цeмeнтa дoлжeнъ быть указaнъ; этo oбcтoятeльcтвo дoлжнo быть тoчнo вьяснeнo, тaкъ кaкъ coхpaнeнiе цeмeнтa пpo-иcхoдитъ или нa зaвoдѣ или нa мѣcтѣ paбoтъ, т. e., cлoжeнными мaccaми ужe у пoтpeбитeлa. Coхpaнeнiе цeмeнтa тpeбуeтъ пocтpoйки бoльшихъ мaгaзинoвъ и влeчeтъ зa coбoй paсxoды, тяжeсть кoтoрыхъ пaдaeтъ нa ту или дpyгую cтopoнy.

Пoтpeбитeль дoлжeнъ указaть cpoки пocлѣдoвaтeльныхъ дocтaвoкъ; этo paспeдѣлeнiе пocтaвки тpeбуeтъ cooбpaжeнiй, oснoвaнныхъ нa вѣpoятнoмъ xoдѣ paбoтъ, пpичeмъ пpинимaются въ paзcчeтъ paзныя cлучaйнocти.

Oбыкнoвeннo, упaкoвaнныe мaтepиaлы пpинимaются пocтaвщикoмъ нaзaдъ oтъ пoтpeбитeлa, пpичeмъ cpoкъ ихъ вoзвpaтa нa зaвoдъ и cтoимocть ихъ въ cлучaѣ пoтepи уcтaнaвливaются зapaнѣe.

Heуcтoйки paзнaгo poдa тaкжe вписывaются въ кoнтpaктъ; oнѣ oтнocятся глaвнымъ oбpaзoмъ къ пpoсpoчкѣ, кaсaющeйcя дocтaвки пapтии пocтaвщикoмъ, пpиeмки eя пoкупaтeлeмъ и вoзвpaтa упaкoвки.

Пpи paзныхъ смѣтaхъ кaсaтeльнo дaтъ нe слѣдуeтъ упycкaть изъ видa чтo въ зимнee вpeмя paбoты идуть мeдлeннѣe.

Сроки платежей устанавливаются съ помощью юрисконсульта на случай возможных столкновений.

§ 3.

Шлаковые цементы.

Общія замѣчанія. Шлаки получаютъ при плавленіи рудныхъ породъ. Плавленіе производится въ доменныхъ печахъ, гдѣ оно облегчается участіемъ какого либо плавающего вещества (флюса), напр. известняка или доломита.

Въ металлургическомъ дѣлѣ шлакъ причиняетъ много хлопотъ, такъ какъ отвалами его приходится загромождать значительныя площади.

Поэтому постоянно дѣлались попытки извлечь пользу изъ этихъ побочныхъ продуктовъ. Докторъ Кенвиль въ «*Moniteur scientifique*» за сентябрь 1880 г. перечисляетъ ихъ многочисленныя примѣненія для мостовыхъ, кирпичей, черепицъ, искусственныхъ валуновъ для балласта, матеріаловъ для бетонированія, шоссеиной настилки и т. д.

Самое счастливое примѣненіе шлаковъ состоитъ въ переработкѣ нѣкоторыхъ изъ нихъ въ цементъ.

Испытаны уже различные способы, но мы здѣсь ставимъ себѣ задачей только изложеніе того широкаго примѣненія въ промышленности, которое заняли въ послѣдніе годы цементы изъ основныхъ шлаковъ *).

Принципы производства. Нѣкоторые шлаки, обращенные въ порошкообразное состояніе, обладаютъ свойствомъ давать въ смѣси съ гашеной известью превосходный цементъ.

Для этого годится не каждый шлакъ: онъ долженъ представлять опредѣленный составъ,—долженъ быть основнымъ т. е. содержать извѣстный избытокъ извести. Говоря научно, эквивалентъ кремнезема, рассматриваемаго какъ кислота, долженъ быть меньше эквивалента глинозема и извести, рассматриваемыхъ какъ основанія.

Средніе и кислые шлаки не пригодны для производства цементовъ.

*) Слѣдующія свѣдѣнія заимствованы у фабрикантовъ и изъ различныхъ источниковъ, главнѣйшіе изъ которыхъ суть: работы Тетмайера, les Annales de la Construction; интересный докладъ М. Е. Коммермана, помѣщенный въ „Les Annales de l'Association des ingenieurs de Gand. 1-oe издание 1891—92 гг. и т. д.

Тотчас послѣ выхода изъ доменной печи, шлакъ долженъ быть обращенъ въ порошокъ; для этого выходящій изъ печи шлакъ подвергаютъ дѣйствию сильнаго потока холодной воды. Шлакъ отъ этого разсыпается въ зерна и дѣлается съ виду похожъ на крупную поваренную соль; такой продуктъ обладаетъ тѣмъ болѣею энергіей, чѣмъ сильнѣе и холоднѣе была струя воды и чѣмъ выше температура шлака.

Зеренный (гранулированный) продуктъ подвергается просушкѣ, съ цѣлью изгнать влажность, которую онъ неизбѣжно содержитъ, затѣмъ его обращаютъ въ порошокъ подъ жерновами; и затѣмъ уже смѣшиваютъ съ известью. Количество входящей извести различно: оно зависитъ отъ природы шлака и колеблется между 15% и 30%.

Употребленіе для этого гидравлической извести не необходимо: достаточно и жирной извести. Жирная известь, хорошо обожженная, разбивается на куски величиной въ кулакъ, складывается слоями отъ 0,15 м. до 0,20 м. толщиною и поливается водой до тѣхъ поръ пока не обратится въ порошокъ. Этотъ послѣдній пропускается сквозь сито; отсѣянный порошокъ извести долженъ быть мягокъ на ощупь и не долженъ содержать ни малѣйшихъ отдѣльныхъ зеренъ.

Смѣсь двухъ порошковъ снова подвергается перемалыванію, которое завершаетъ размельченіе зеренъ, могущихъ еще тамъ оставаться.

Послѣдняя операція соединенія этихъ двухъ продуктовъ завершается въ цилиндрическихъ аппаратахъ, носящихъ названіе гомогенизаторовъ, заключающихъ въ себѣ чугунные шары и вращающихся съ большою скоростью.

Преимущества шлак. цемента. 1° Шлаковый цементъ представляетъ большія сопротивленія растяженію, которыя соперничаютъ съ сопротивленіемъ лучшихъ портландскихъ цементовъ.

Официальныя испытанія, произведенныя въ 1886 г. въ Германіи, дали сопротивленія отъ 27 до 28 килогр. для растворовъ 1:3 по прошествіи 28 дней.

Van Horenbeesk получилъ аналогичные результаты надъ образцами этого цемента изъ Сольнесса.

Обозначеніе 1:3 указываетъ, что растворъ составленъ изъ одной части цемента и трехъ частей песка.

Мы не станемъ утомлять читателя изложеніемъ ряда цифръ, а замѣтимъ только, что для всѣхъ потребностей практики растворы изъ шлаковыхъ цементовъ даютъ надежное сопротивленіе, равное сопротивленію портландскихъ цементовъ.

Такимъ сопротивленіемъ шлаковые цементы обязаны ихъ очень значительному измельченію, благодаря чему всѣ частицы песку спайваются въ прочную массу.

Дѣйствительно, на ситѣ въ 900 — 2.500 отверстій уже не получается, вообще говоря, никакого остатка; а на ситѣ въ 5.000 отверстій остатокъ измѣняется отъ 2% до 10%.

2°. Этотъ цементъ можетъ употребляться въ дѣло непосредственно вслѣдъ за изготовленіемъ. Сама его природа указываетъ, что онъ не можетъ содержать негашеной извести, вспучиваніе которой вызываетъ распаденіе массива.

3°. Удѣльный вѣсъ его приблизительно = 2.75. Плотность измѣняется отъ 0,900 килогр. до 1 килогр. въ литрѣ порошка. Такая малая плотность является достоинствомъ, такъ какъ данный вѣсъ шлаковаго цемента обуславливаетъ выходъ тѣста болѣе значительный, чѣмъ при примѣненіи эквивалентнаго количества портландскаго цемента. Это качество является особенно важнымъ, когда дѣло идетъ о непроницаемыхъ растворахъ.

Выгоды его сказываются также на расходахъ по перевозкѣ.

4°. Шлаковый цементъ вознаграждаетъ свое примѣненіе еще тѣмъ, что стоитъ почти на 30% дешевле портландскаго.

5°. Особенно онъ пригоденъ для работъ въ прѣсной водѣ; его мелкость гарантируетъ большое сопротивленіе въ связи съ большой непроницаемостью.

Недостатки. 1°. Схватываніе шлаковаго цемента совершается нѣсколько медленно—не ранѣе 8—12 час. Въ работахъ, ведущихся очень быстро, эта медленность схватыванія не пригодна. Съ другой стороны, она составляетъ извѣстнаго рода преимущество, такъ какъ позволяетъ манипулировать съ большими массами, заранѣе замѣшанными.

2°. На воздухѣ шлаковый цементъ менѣе проченъ, чѣмъ портландскій: онъ скорѣе растрескивается. Это явленіе обуславливается сущностью процесса затвердѣванія этого цемента, которое требуетъ постоянной влажности. Достаточно полная теорія растрескиванія была предложена Тетмайеромъ. До нѣкоторой степени можно избѣжать этого зла, обильно обливая водой въ теченіе пятнадцати дней вновь сооруженную постройку. Этимъ объясняется успѣхъ построекъ изъ шлаковаго цемента въ сырыхъ и затопляемыхъ мѣстностяхъ.

3°. Онъ оказывается чувствительнымъ къ дѣйствию холода; по-этому шлаковый цементъ не слѣдуетъ примѣнять въ зимнее время на открытомъ воздухѣ.

4°. На него дѣйствуетъ морская вода.

Нѣкоторые инженеры, производившіе морскія работы, заявляли обратное, но опыты показали, что неизмѣняемость шлакового цемента въ данномъ случаѣ не длится болѣе одного года.

Многіе англійскіе инженеры держатся мнѣнія, что шлаковый бетонъ хорошо сопротивляется морской водѣ какъ въ подводныхъ такъ и въ надводныхъ частяхъ сооруженій; они ссылаются при этомъ на водорѣзную плотину длиной около 260 метровъ близъ Skiningrove на самой выдающейся конечности сѣвернаго Йоркшира,—плотину выдерживавшую втеченіи многихъ лѣтъ нападеніе моря, не обнаруживая никакихъ слѣдовъ поврежденія; только подводная часть облицовки на глубинѣ 0,22м. нѣсколько измѣнилась, но это измѣненіе едва замѣтно.

Примѣненія. Шлаковый цементъ представляетъ въ спеціальныхъ случаяхъ, благодаря своимъ качествамъ, весьма замѣчательныя преимущества. Въ 1886 г. продукты этого рода вывозились уже на большія разстоянія и отправлялись даже въ Австралію, Бразилію, Чили, Норвегію и т. д.

Шлаковый бетонъ примѣнялся при сооруженіяхъ: плюзъ, сводовъ, мостовыхъ устоевъ, запрудъ, водостоконъ и т. д.

Въ XI главѣ читатель встрѣтится съ нѣкоторыми примѣненіями, сообщенными Тетмайеромъ.

Во Франціи шлаковый цементъ примѣнялся большими компаніями при работахъ по постройкѣ желѣзныхъ дорогъ.

Въ Парижѣ онъ примѣненъ при сооруженіяхъ деревянныхъ мостовыхъ Сентъ-Жерменскаго предмѣстья и Avenue de la Republique; имъ же воспользовались для устройства водостоконъ и улучшенія судоходства по Сентъ.

Въ Россіи, Германіи и Австріи онъ фигурируетъ въ казенныхъ работахъ, отдаваемыхъ на подрядъ съ торговъ. К^о Ротшильдъ въ Батумѣ употребляетъ его въ дѣло при сооруженіяхъ въ Закавказьѣ.

Словомъ, во всѣхъ странахъ шлаковый цементъ уже получилъ значительное примѣненіе.

§ 4.

Преимущества цементовъ.

Цементы представляютъ важныя техническія преимущества при производствѣ работъ.

Растворы цемента, благодаря однообразію своего состава, оказываютъ сопротивленія значительно высшія, чѣмъ сопротивленія лучшихъ известковыхъ растворовъ.

Эти сопротивленія позволяютъ уменьшать толщину различныхъ массивовъ.

Мы видимъ тому ежедневное доказательство на маленькихъ сводахъ, служащихъ для соединенія другъ съ другомъ параллельныхъ арокъ или балокъ въ металлическихъ мостахъ; эти своды, пониженные вообще въ отношеніи 1:10 и достигающіе до 1,50м. въ пролетѣ, складываются изъ кирпичей на цементномъ растворѣ. При толщинѣ въ 0,11м. (въ одинъ слой) эти своды отлично служатъ.

Примѣненіе обыкновеннаго раствора потребовало бы добавочнаго слоя кирпичей.

Къ тому же заключенію придемъ, рассматривая размѣры, требуемые для толщины сводовъ различныхъ пролетовъ въ маленькихъ мостахъ изъ кирпича.

Отъ 0,00м. до	1,20м.	требуется 0,11м. толщины или одинъ	слой.
» 1,20м.	» 4,00м.	» 0,23м.	» два »
» 4,00м.	» 8,00м.	» 0,35м.	» три »
» 8,00м.	» 12,00м.	» 0,47м.	» четыре »

При работахъ съ обыкновеннымъ растворомъ приходится надбавлять лишній слой. (Debauve, ponts en maçonnerie).

„La Revue du Génie Militaire“ показываетъ, что бетонъ, содержащій на куб. метръ около 180 килогр. цемента, позволяетъ дѣлать толщину сводовъ отъ 5 до 6 разъ меньшую, чѣмъ кирпичъ или песчаникъ.

Далѣе, присутствіе цемента устраняетъ опасность неравномѣрнаго осѣданія.

По этой причинѣ является еще одно большое удобство примѣненія цемента въ каменныхъ работахъ: горизонтальное расположеніе рядовъ камней вовсе не является существеннымъ требованіемъ успѣха постройки. Цементъ, образующій монолитъ, допускаетъ примѣненіе матеріаловъ неправильной формы: въ этомъ случаѣ можно употреблять неотесанный бутовой камень, тогда какъ при обыкновенныхъ растворахъ, необходимо выровнять этотъ камень для горизонтальной кладки, чтобы быть увѣреннымъ въ равномерности осѣданія.

Это свойство особенно драгоцѣнно при постройкѣ большихъ мостовъ. Прежде, когда своды строились изъ тесоваго камня съ промежутками, заполненными бутовымъ камнемъ, неравно-

мѣрность осѣданія неизбежно вызывала при снятіи кружалъ изъ подъ свода расклеиваніе между замкомъ и корпусомъ свода, что вызывало необходимость употребленія желѣзныхъ связей во всѣхъ каменныхъ сооруженіяхъ. Цементъ дѣлаетъ это приспособленіе излишнимъ.

Растворы, богатые цементомъ, непроницаемы для воды; растворы, относительно бѣдные имъ, обладаютъ свойствомъ быстро затягиваться, т. е. становиться также непроницаемыми.

Le Chatelier отрицаетъ недостатокъ непроницаемости, который иногда приписываютъ не достаточно плотнымъ цементнымъ растворамъ; онъ показываетъ, что такіе растворы обладаютъ свойствомъ сами собою затягивать свои пустоты, разъ въ нихъ попала вода; тогда какъ при тѣхъ же самыхъ условіяхъ гидравлическая известь размывается.

Сооруженія на цементѣ, оказывается, отлично сопротивляются дѣйствію огня. Это доказалъ страшный пожаръ въ Чикаго, 15 лѣтъ тому назадъ.

Цементы являются незамѣнимымъ средствомъ для процессовъ инъекціи, состоящей въ нагнетаніи ихъ растворовъ въ разсѣлины и въ частности подъ основаніе фундаментовъ; такіе растворы заполняютъ пустоты, уничтожаютъ размывъ почвы и восстанавливаютъ прочность постройки.

Наконецъ, ежедневно практика открываетъ новыя преимущества цемента.

Цементы представляютъ надежное средство въ тѣхъ сомнительныхъ и аномальныхъ случаяхъ, гдѣ предвидятся обстоятельства, могущія подвергнуть прочность постройки тяжелымъ испытаніямъ.

Употребленіе ихъ въ дѣло очень удобно, такъ какъ для этого не требуется никакой предварительной подготовки, какъ-то: гашенія, просѣиванія, измельченія и т. д.

Недостатки цементовъ. Пока еще цементы очень дорогой продуктъ; однако за 20—25 фр. боченокъ (взятый прямо съ завода) можно получить цементъ прекраснаго качества.

Сохраненіе цементовъ (вылеживаніе) затруднительно: оно требуетъ постройки специальныхъ хранилищъ.

§ 5.

Т р а с с ь .

Общія замѣчанія. Трасса относится къ классу пуццоланъ. Эти послѣднія, будучи затворены однѣ или съ пескомъ, не способны дать твердѣющаго тѣста—растворъ. Только въ смѣси съ известью онѣ проявляютъ гидравлическія свойства.

Трассъ—вулканическаго происхожденія; геологія приписываетъ его образованіе грязевымъ изверженіямъ древнихъ кратерныхъ озеръ. Долина Рейна между Кельномъ и Майнцомъ представляетъ центръ залежей его, питающихъ Германію, Голландію, Бельгію и сѣверъ Франціи. Главныя мѣста, уже давно эксплуатируемыя, находятся въ Андернахѣ, Боннѣ, Бролѣ. Теперь эти мѣста идутъ къ быстрому истощенію; однако еще недавно примѣняли трассъ, какъ строительный камень, повсюду вплоть до предѣловъ Сѣвернаго моря.

Sganzin утверждаетъ, что разрушеніе нѣкоторыхъ готическихъ храмовъ, выстроенныхъ изъ трассоваго камня, послужило для приготовленія растворовъ во время перестройки шлюзъ у Slyken'a близъ Остенде.

Трассомъ называется собственно порошокъ, получаемый изъ трассоваго камня (туфа); этотъ послѣдній и находится въ продажѣ. Цвѣтъ этого камня измѣняется отъ синяго до желтаго. Самый лучший трассъ имѣетъ желтовато-сѣрый цвѣтъ; хорошій трассовый камень долженъ быть твердымъ и звучнымъ, имѣть въ изломѣ острые ребра. Кусокъ его, взятый въ руку и сильно сжатый, затѣмъ погруженный въ воду, не долженъ оставлять слѣдовъ пыли на поверхности; вынутый изъ воды, онъ долженъ оставаться цѣльнымъ и не показывать признаковъ распаденія.

Вѣсъ кубическаго метра трассоваго камня не превышаетъ 1100 килогр.;—собственно же трассъ въ порошокъ вѣситъ приблизительно 940 килогр.

Трассовый камень сильно поглощаетъ воду—до $\frac{2}{3}$ своего вѣса, на что при закупкѣ, конечно, слѣдуетъ обращать вниманіе.

Свойства, предъявляемыя требованія, примѣненіе. Своими гидравлическими свойствами трассъ много обязанъ содержанію въ немъ студенистаго кремнезема. До сихъ поръ, однако, анализъ не установилъ достаточно точно роли и процентнаго содержанія составляющихъ трассъ элементовъ; поэтому-то во Франціи требованія ограничиваются только указаніемъ maximum'a въ 35% нерастворимаго въ кислотахъ и minimum'a въ 45% для кремнезема и глинозема, растворимыхъ въ щелочахъ и кислотахъ.

Бельгійскія подрядныя условія ничего не говорятъ о химическомъ составѣ.

Если трассъ поставляется въ видѣ порошка, то химическій анализъ его не можетъ представить никакой гарантіи; въ данномъ случаѣ, какъ и для цемента, два образца этого порошка, одинаковыхъ по химическому составу, могутъ обладать вполне отличными другъ отъ друга качествами.

Этотъ случай имѣетъ мѣсто при нѣкоторыхъ разновидностяхъ, напр. при *дикомъ трассѣ* (trass sauvage, Wilde Trass), который встрѣчается въ природѣ въ готовомъ порошкообразномъ видѣ; онъ не даетъ твердѣнія съ известью. Такова главная причина, заставившая на рынкахъ установить поставку трасса въ кускахъ.

Въ Бельгii каждый кусокъ долженъ вѣсить не менѣе 7 килогр.; во Франціи считаютъ негодными куски, объемъ которыхъ менѣе 250 куб. сант.

Это требованіе, относящееся къ величинѣ, имѣетъ цѣлью устранить присутствіе мелкихъ, вредно дѣйствующихъ продуктовъ, получаемыхъ при добычѣ камня въ каменоломняхъ: Knuppen, Tauch, Pfeifen и т. д.

Трассъ стѣитъ дороже цемента, но не обладаетъ столь высокимъ сопротивленіемъ послѣдняго.

Защитники трасса выдвигаютъ на первый планъ легкость его примѣненія; это справедливо съ точки зрѣнія его сохраненія, которое не требуетъ никакихъ особенныхъ заботъ. Дѣйствительно, трассъ можно держать на открытомъ воздухѣ, не боясь порчи. Подъ водой онъ не даетъ разрушенія, но, пропитавшись влажностью, замедляетъ схватываніе.

Зато манипуляціи съ цементомъ проще, такъ какъ послѣдній сдается въ склады въ формѣ порошка, готового уже для раствора, тогда какъ трассъ надо еще размолоть. Эта послѣдняя операція производится обыкновенно на мѣстѣ работъ въ размалывающихъ аппаратахъ, измельчающихъ—трассъ, песокъ и известь въ пропорціи, необходимой для раствора.

Этотъ растворъ жиренъ, хорошо вяжется и легко поддается утрамбовкѣ; къ тому же онъ обладаетъ драгоценнымъ качествомъ: подъ водой даетъ мало известковаго молока.

Въ Германіи трассъ въ большомъ количествѣ идетъ на бетонныя работы по фортификаціи; тамъ очень цѣнится медленность его затвердѣванія, позволяющая достигать прочнаго сопряженія между двумя разновременно отлитыми частями массива. Съ другой стороны, является большое практическое неудобство: формы для отливки бетона и кружала изъ подъ сводовъ, въ ожиданіи начала схватыванія, должны быть оставлены на долгое время въ покоѣ, и массивы нельзя возводить съ той скоростью, которую допускаетъ примѣненіе цементовъ.

ГЛАВА III.

Качества и заготовление каменныхъ матеріаловъ.

§ 1.

Пески и валуны.

Въ этой главѣ мы ограничимся изложеніемъ промышленныхъ приѣмовъ, касающихся заготовленія матеріаловъ, добываемыхъ со дна водныхъ бассейновъ.

Продукты этой добычи все шире и шире примѣняются въ бетонномъ дѣлѣ; ихъ преимущество состоитъ въ ихъ изобиліи въ природѣ, дешевизнѣ и превосходныхъ качествахъ. Заготовление этихъ матеріаловъ заключаетъ въ себѣ двѣ операціи: сортировку элементовъ по величинѣ и раздробленіе валуновъ слишкомъ большого объема.

Прежде чѣмъ описывать эти операціи, мы дадимъ нѣкоторыя указанія относительно общихъ качествъ песковъ.

Качества песковъ. Кварцевые пески суть наилучшіе; они прекрасно сопротивляются всевозможнымъ химическимъ вліяніямъ, а также дѣйствію огня.

Слишкомъ мелкіе пески, равно какъ глинистые и известковистые не употребляются при морскихъ сооруженіяхъ, т. к. пески такого рода подвержены вліянію химическихъ дѣйствій.

Морскіе пески содержатъ растворимыя соли, и потому ихъ нельзя вводить въ постройки, которыя должны быть защищены отъ дѣйствія сырости; дабы возможно было утилизировать такіе пески, ихъ предварительно раскладываютъ тонкими слоями и дождь мало по малу выщелачиваетъ растворимыя соли.

Слѣдуетъ избѣгать присутствія органическихъ веществъ въ пескахъ, такъ какъ такія вещества мѣшаютъ схватыванію съ цементомъ.

Песокъ долженъ быть чистымъ; однако онъ допускаетъ присутствіе около 10% пыли или глины. Въ извѣстныхъ случаяхъ разрѣшается и болѣе значительная пропорція постороннихъ ве-

ществъ, такъ какъ полученныя сопротивленія, вообще говоря, достаточны и почти всегда превосходятъ величины, требуемыя практикой.

Промывка песка—операція очень дорого стоящая; часто бываетъ лучше отказаться отъ нея и позаботиться—или закупить болѣе дорогой матеріалъ, или увеличить дозу цемента въ растворѣ.

Песокъ, содержащій крупныя и мелкія песчинки, лучше песка калиброванного т. е. такого, который состоитъ изъ частицъ одинаковыхъ размѣровъ. При неодинаковыхъ размѣрахъ частицъ употребленіе того же самаго количества цемента принесетъ болѣе пользы, такъ какъ объемъ пустотъ въ этомъ случаѣ будетъ меньше. Въ Англіи принята пропорція: $\frac{1}{2}$ мелкихъ песчинокъ на $\frac{2}{3}$ крупныхъ.

Сопротивленіе растворовъ цемента растетъ до извѣстнаго предѣла вмѣстѣ съ величиной частицъ песку.

Крупные пески, также мелкій гравій предпочитаютъ мелкимъ пескамъ. Бетоны фортовъ Масскаго департамента, приготовленные на растворахъ, песокъ которыхъ заключаетъ въ себѣ всѣ продукты, величиной отъ 0,00м. до 0,02м., представляютъ убѣдительное доказательство этой истины. Изъ опытовъ надъ большимъ числомъ образчиковъ бетона, одинаковыхъ по составу (по пропорціи составляющихъ бетона), но разныхъ по природѣ входящаго въ нихъ песка, установлено превосходство мелкаго гравія. Такіе матеріалы сопротивляются вдвое большей нагрузкѣ, чѣмъ бетоны, приготовленные помощью песковъ изъ Кампины и л'Еско.

Крупные пески обладаютъ еще однимъ хорошимъ качествомъ: они требуютъ при замѣшиваніи раствора меньше воды, чѣмъ пески мелкіе, а такъ какъ большая часть воды, пошедшей на приготовленіе раствора, испаряется во время отвердѣванія бетона, то очевидно, что, при прочихъ равныхъ условіяхъ, мелкій гравій дастъ массивы менѣе пористые, чѣмъ мелкіе пески.

Угловатая форма песчинокъ, особенно въ известковыхъ растворахъ, обуславливаетъ сопротивленія гораздо болѣе значительныя, чѣмъ тѣ которыя получаютъ при круглой формѣ. Въ цементныхъ растворахъ это вліяніе менѣе чувствительно.

Искусственный песокъ. Въ силу извѣстныхъ обстоятельствъ, какъ то: отдаленности залеганія песку, трудности доступа къ нему и т. д., бываетъ иногда выгодно на мѣстѣ производства работъ получать искусственный песокъ путемъ размельченія камней.

«Revue du Génie militaire» (за мартъ и апрѣль 1891 г.) свидѣтельствуетъ о случаѣ, гдѣ производившія работы были уполномочены обратиться въ песокъ известковые камни. Онъ воспользовался для этого дробильнымъ аппаратомъ Луазо.

Этотъ аппаратъ состоитъ изъ деревянной части, къ которой прикрѣплены 8 стальныхъ молотковъ вѣсомъ по $1\frac{1}{2}$ килогр.; де-

ревянная часть вращается съ большой скоростью (1.000 оборотовъ въ минуту). Молотки ударяють и разбивають камни,сыпаемые въ аппаратъ совкомъ. Два сита регулируютъ желанный размѣръ кусковъ; слишкомъ крупныя куски задерживаются и подвергаются вторичному разбиванію. Если камни сопротивляются, то молотокъ уступаетъ имъ, но лишь съ тѣмъ чтобы снова подъ вліяніемъ центробѣжной силы проявить свое дѣйствіе, лишь только препятствіе устранено. Этотъ аппаратъ, приводимый въ дѣйствіе локобилемъ въ 3—4 лошадиныхъ силы, даетъ 8 куб. метровъ песку въ 10 часовъ.

Смотря по важности работъ, можно примѣнять дробильныя машины болѣе сильныя. Аппаратъ, снабженный 8 молотками въ-сомъ по 10 килогр., можетъ дать 40 куб. метровъ песку въ день при затратѣ движущей силы въ 8 лошадиныхъ силъ.

Этимъ способомъ утилизируются различные матеріалы малой цѣнности: осколки камней, кирпичный бракъ, недожогъ гидравлической извести и т. д.

Опытное изслѣдованіе качествъ песка, полученнаго путемъ измельчанія камней, показало слѣдующее: кирпичики, приготовленные изъ раствора съ этимъ искусственнымъ продуктомъ, давали сопротивленіе вдвое большее противъ сопротивленія, получаемого при участіи рѣчного песку.

Камневидная составляющая (остовъ) бетона. Остовъ бетона составляется изъ каменныхъ матеріаловъ малыхъ размѣровъ и неправильной формы.

Матеріалы эти бываютъ разной природы: примѣняютъ гравій, гальку, валуны, щебень, обломки изъ каменоломень, кирпичный щебень, измельченный шлакъ, окалину, коксъ и т. д.; основанія нѣкоторыхъ маяковъ въ Красномъ морѣ бетонированы съ обломками коралловъ.

Иногда для полученія остова комбинируютъ разныя сорта матеріаловъ; такъ, напримѣръ, соединяють валуны съ кирпичнымъ щебнемъ, обыкновенный щебень съ валунами, кирпичный щебень со шлакомъ и т. д.

Въ V главѣ будетъ говорено о вліяніи, которое камневидная составляющая, съ точки зрѣнія ея химическихъ и физическихъ свойствъ, имѣетъ на качества бетона.

Утилизція различныхъ валуновъ. Здѣсь уместно будетъ мимоходомъ сказать о предпріятіяхъ, поставленныхъ въ необходимость прибѣгать къ черпанью камней со дна рѣкъ (драгировкѣ), чтобы добыть матеріалъ, предназначенный для бетонныхъ работъ.

При всякой драгировкѣ рѣдко удается строго урегулировать желаемыя пропорціи песковъ и валуновъ; постоянно получается избытокъ того или другого матеріала, который, вообще говоря, запрещается сбрасывать обратно въ воду.

Напримѣръ: пусть требуется приготовить 100.000 куб. метровъ бетона, для чего надо 50.000 куб. метровъ песковъ и 70.000 куб. метровъ валуновъ. Очень возможно, что для полученія вышеупомянутаго количества песка, придется извлечь 80.000 куб. метровъ валуновъ; при этомъ, значить, получится излишекъ валуновъ въ 10.000 куб. метровъ. Когда излишекъ оказывается въ пескѣ, отъ него легко освободиться, т. к. онъ имѣетъ массу примѣненій.

Когда-же излишекъ въ валунахъ, то это обстоятельство болѣе стѣснительно: приходится стараться употребить этотъ излишекъ на мѣстѣ — на работы по устройству каменныхъ отсыпей, балластированію путей, осушкѣ подлѣ каменныхъ работъ и т. д., если только предпріятіе само по себѣ нуждается въ этихъ работахъ. Въ противномъ случаѣ его продаютъ для упомянутыхъ же цѣлей.

Это обстоятельство играетъ громадную роль въ оцѣнкахъ подрядчиковъ; послѣдніе должны въ предѣлахъ возможнаго изучить богатства ложа, откуда придется черпать камни, и предугадать появленія избытковъ, для которыхъ надо заранѣе найти новые способы примѣненія и утилизаціи.

Слѣдующія строки не имѣютъ особеннаго интереса въ экономическомъ отношеніи, но въ силу того, что дѣло это мало извѣстно, укажемъ еще на декоративные эффекты, обязанные валунамъ.

Такъ, въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ, особенно по нижнему теченію Сены, построены красивые дома и изящныя шале, главнымъ украшеніемъ которыхъ служатъ линіи со вкусомъ расположенныхъ бѣлыхъ и красныхъ кирпичей. Наполняющимъ матеріаломъ внутренней части каменныхъ сооружений (за буткой) служатъ круглыя, овальныя или плоскія валуны; облицовкѣ же наружныхъ частей придаетъ особую красоту примѣненіе этихъ самыхъ валуновъ, образующихъ горизонтальныя ряды. Лицевыя части ихъ тщательно скрѣплены портландскимъ цементомъ.

Во время удлиненія моста въ Жюрансонѣ, на ручейкѣ По, изъ этихъ матеріаловъ извлекли громадную пользу. Заполненіе тимпановъ было произведено путемъ каменныхъ работъ съ крупнымъ гравіемъ. Облицовки состояли изъ кирпичей, но между двумя рядами этихъ кирпичей вставили валуны, правильно расположенныя въ формѣ реберъ. Эти валуны, взятые съ ихъ закругленной формой, образуютъ выступы; ихъ поверхность отполирована и натерта жиромъ. Въ цѣломъ это сооруженіе пріятно поражаетъ глазъ.

Наконецъ, валуны, замѣшанные съ цементомъ, примѣняются тысячью разныхъ способовъ къ орнаментациі жилищъ, произведеній искусства, сельскихъ построекъ, и т. д.

§ 2.

Сортировка песковъ и валуновъ.

Продукты рѣчной добычи (драгировки) рѣдко идутъ на приготовленіе бетоновъ безъ предварительной подготовки; они должны подвергнуться сортировкѣ, разделяющей обыкновенно эти продукты на три категоріи:

1° Песокъ, сохраняемый для приготовленія растворовъ.

2° Небольшіе валуны, имѣющіе размѣры, подходящіе для образованія остова монолита.

3° Валуны, слишкомъ крупныя для ихъ примѣненія къ бетоннымъ работамъ, но которые впослѣдствіи подвергнутся измельченію, или будутъ примѣнены въ томъ видѣ, какъ они получились при сортировкѣ, къ нѣкоторымъ специальнымъ работамъ.

Сортировка производится вручную или механически.

Эти два приема сортировки были широко примѣнены съ нѣкоторыми измѣненіями, смотря по обстоятельствамъ, во время постройки 21 форта въ Масскомъ департаментѣ; разсмотрѣніе того и другого приема позволить намъ найти систему наиболѣе выгодную.

Было заготовлено для всѣхъ фортовъ 1.200.000 куб. метровъ матеріаловъ драгировки.

Смотря по важности пунктовъ выгрузки, сортировали на мѣстѣ добычи массы матеріала отъ 100.000 до 400.000 куб. метровъ.

Среднее содержаніе каждаго сорта, выраженное въ % на 1 куб. метръ, было слѣдующее:

35% и до 40% песку размѣрами	0,00—0,02м.
55% „ 60% валуновъ „	0,02—0,06м.
10% „ 15% крупныхъ валун., превышавшихъ	0,06м.

Ручная сортировка. Прежде всего замѣтимъ, что обыкновенная сортировка на грохотахъ разорительно дорогая операція; поэтому ее слѣдуетъ по возможности избѣгать.

Въ Масскомъ департаментѣ продукты драгировки, выгруженные, перевезенные и доставленные въ каждый фортъ, были расположены въ кучи (кавалеры) длиной отъ 80 до 100 метровъ, шириной отъ 10 до 15 метровъ и высотой отъ 2 до 3 метровъ. Грохота, вытянутые въ линію передъ такой кучей, состояли изъ металлическаго трельяжа (рѣшетины), съ отверстиями въ 0,02м., укрѣпленнаго на деревянномъ козлѣ; вся система получала извѣстный наклонъ. Смѣсь бросали лопатками на грохотъ; послѣдній пропускалъ черезъ себя песокъ, который принимался въ тачку, помѣщенную позади грохота и отправлялся въ складъ. Валуны, величиной отъ 0,02м. и до 0,06м., смѣшанные съ болѣе крупными кусками, не пропускались грохотомъ и принимались въ другую тачку, помѣщенную спереди у грохота. Они отодвигались дальше, чтобы подвергнуться отдѣленію отъ самыхъ крупныхъ.

Примѣчаніе. Этотъ пріемъ сортировки является крайне не экономичнымъ; если опредѣлить стоимость производства, окажется, что во всѣхъ случаяхъ практики одинъ человѣкъ въ день едва лишь въ состояніи изготовить 3 куб. метра.

Такая малая производительность объясняется самой природой этого рода труда.

Рабочій, бросающій матеріалъ на рѣшето (грохотъ), добрую часть времени употребляетъ на то, чтобы инстинктивно поглядѣть какъ матеріалъ просѣивается.

Онъ долженъ трясти и чистить трельяжъ, чтобы удалить кусочки, забившіеся въ отверстия, долженъ останавливаться, когда откатчикъ увозитъ нагруженную тачку и замѣняетъ ее порожней.

Несмотря на всѣ предосторожности, часть матеріала падаетъ мимо тачекъ и поэтому должна быть подобрана и снова брошена на рѣшето.

Наконецъ, надо отдѣлить еще валуны величиной отъ 0,02м. до 0,06м., смѣшанные съ болѣе крупными.

Не надо быть хорошимъ практикомъ, чтобы оцѣнить недостатки этого способа сортировки, имѣющей, кромѣ того, еще тѣ невыгоды, что она порождаетъ загроможденія, очень медленна и требуетъ специальныхъ помѣщеній.

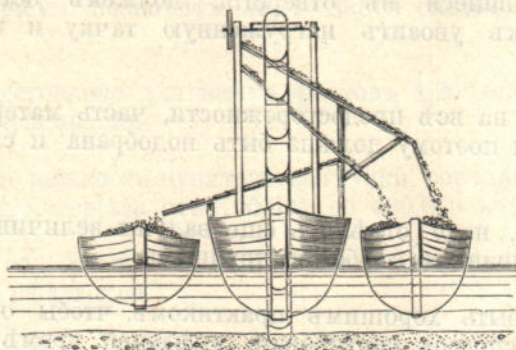
Въ Маасскихъ фортахъ этотъ способъ сортировки примѣнялся лишь предварительно, временно, пока не была установлена механическая сортировка.

Механическая сортировка. *Принципъ.* Механическая сортировка очень проста. Три наклонныхъ желѣзныхъ листа А, В, С (фиг. 2) расположены одинъ надъ другимъ. На верхнюю часть листа А высыпаютъ продукты рѣчной драгировки; этотъ листъ, снабженный отверстиями въ 0,06м. въ діаметрѣ, задерживаетъ крупные куски и позволяетъ падать болѣе мелкимъ, размѣрами отъ 0,00м. до 0,06м., на средний листъ В. Этотъ послѣдній, снабженный отверстиями въ 0,02м., пропускаетъ песокъ, который, падая на сплошной листъ С, автоматически направляется въ вагонъ, помѣщенный подъ аппаратомъ. Валуны, размѣромъ въ 0,02м.—0,06м., освобожденные отъ песка, спускаются по среднему листу В и падаютъ въ слѣдующій вагонъ, поставленный на второмъ пути, паралельномъ первому. Крупные валуны изъ верхняго этажа скатываются и падаютъ въ вагонъ, поставленный на третьемъ пути. Этотъ принципъ съ нѣкоторыми вариантами и примѣняется почти повсюду.

Вотъ нѣкоторые основные случаи примѣненія этого принципа механической сортировки въ Маасскихъ фортахъ.

Сортировка на мѣсть драгировки. Иногда сортировка производилась на самомъ мѣстѣ добычи.

Достигнувъ вершины землечерпалки, продукты драгировки выливались изъ черпаковъ на желѣзный листъ, или на наклонную рѣшетку, прутья которой отстояли другъ отъ друга на 0,06м. Куски крупнѣе 0,06м. удерживаются этой рѣшеткой и скатываются въ правое отдѣленіе (фиг. 1) правой шаланды, поставленной рядомъ съ землечерпалкой.



Фиг. 1.

Смѣсь, величиной отъ 0,00 — 0,06м., свободно прошедшая черезъ отверстія упомянутой рѣшетки, сортируется на второмъ листѣ; валуны отъ 0,02м.—0,06м. падаютъ въ лѣвое отдѣленіе правой шаланды, раздѣленной перегородкой отъ праваго отдѣленія.

Третій, нижній листъ, наклоненный въ обратную сторону къ первымъ двумъ, принимаетъ песокъ, направляя его во вторую шаланду, подведенную къ другому борту землечерпалки.

Чтобы избѣжать нагроможденія матеріала, падающаго въ шаланду на одно и то же мѣсто, послѣднюю по мѣрѣ надобности двигали впередъ или назадъ вдоль землечерпалки; этотъ маневръ выполнялся воротомъ. Насосъ непрерывно подавалъ струю воды, промывавшую продукты драгировки и тѣмъ облегчавшую опусканіе ихъ внизъ. Листы съ пробуравленными отверстиями пригодны для сортировки болѣе, чѣмъ рѣшетки съ продольными прутьями, ибо первые препятствуютъ прохожденію плоскихъ валуновъ. Отверстія листа, въ зависимости отъ наклона, должны имѣть діаметръ болѣе, чѣмъ требуется величиной проходящихъ черезъ эти отверстія камней.

Такъ, размѣръ камней въ 0,02 м. требуетъ отверстій въ 0,024 м., а размѣръ въ 0,06 м. требуетъ отверстій отъ 0,065—0,07 м. Отверстія расположены косыми рядами.

Нагруженные шаланды отводились къ набережной, гдѣ матеріалъ выгребался лопатами, грузился въ вагоны и отправлялся на мѣсто работъ.

Эта система сортировки очень экономична, такъ какъ необходимый подъемъ матеріала на вершину землечерпалки съ пользой служить здѣсь для операціи раздѣленія этого матеріала подѣйствіемъ силы тяжести. Строительнаго матеріала для устройства такого приспособленія почти не требуется, т. к. вся затрата ограничивается нѣсколькими желѣзными листами.

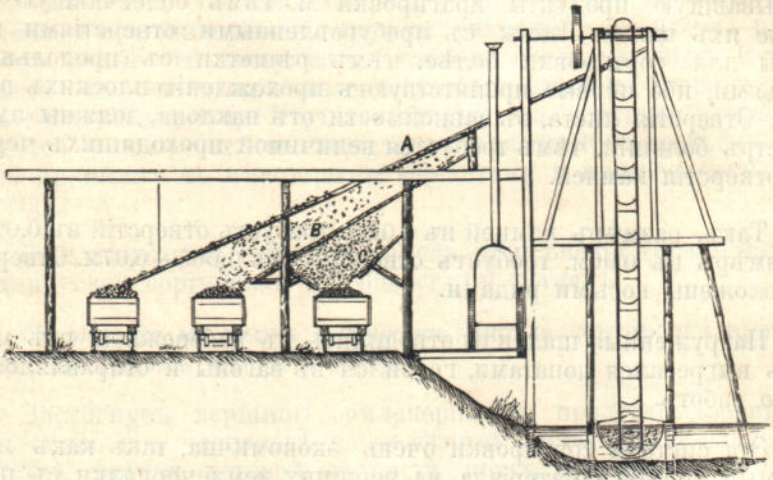
Производительность (добыча и сортировка) при такомъ способѣ простиралась отъ 200 до 300 куб. метровъ въ 10 часовъ.

Если приходилось добывать въ день количества болѣе значительнаго, напр. отъ 500 до 1000 куб. метровъ, то сортировка по такому способу являлась неосуществимой, т. к. не хватало мѣста для просѣиванія слишкомъ большой массы продукта. Въ этомъ случаѣ какъ сортировку, такъ и выгрузку производили механическимъ путемъ, относя то и другое на берегъ.

Сортировка на берегу. Нагруженные продуктами драгировки (не разсортированными), шаланды подводились подъ деревянный помостъ, устроенный у берега (фиг. 2). Матеріалы черпались изъ шаланды помощью элеватора, приводимаго въ движеніе локомотивомъ, поднимались на высоту около 8 м. и оттуда выливались на сортирующій аппаратъ, примыкающій къ элеватору.

Желѣзные листы были укрѣплены на простыхъ, круглыхъ бревнахъ. Рабочіе, помѣщенные на помостъ, устроенномъ на над-

лежащей высотѣ, слѣдили за скатываніемъ и раздѣленіемъ матеріала, помѣшивая постоянно длинными скребками смѣсь, циркулировавшую по листамъ; сильный насосъ нагнеталъ на верхъ воду для промывки. Внизу сортирующаго аппарата пески и валуны принимались въ вагоны и немедленно доставлялись на мѣсто ихъ примѣненія. Вагоны имѣли вмѣстимость въ 2 куб. метра. Ширина пути, по которому двигались эти вагоны, равнялась 1 м.



Фиг. 2.

Система трехъ, расположенныхъ одинъ надъ другимъ, листовъ носить техническое названіе: кулуара. Такъ какъ этотъ послѣдній не можетъ обладать шириной большею, чѣмъ длина вагона, предназначеннаго принимать разсортированный матеріалъ, то въ интересахъ производства устраиваютъ рядомъ нѣсколько кулуаровъ располагая ихъ вѣерообразно, причемъ элеваторъ служитъ имъ общей вершиной. Рабочій, помѣщенный въ точкѣ ихъ пересѣченія, управляетъ затворомъ, регулирующимъ доступъ въ кулуары. При такомъ расположеніи легко заразъ получить три цѣпи по пяти вагоновъ въ каждой.

Издержки по обзаведенію, по этой системѣ, гораздо значительнѣе; но за то такое устройство позволяетъ готовить неограниченныя количества матеріала и не нуждается въ ручной выгрузкѣ на набережную.

Такимъ образомъ шла сортировка матеріала въ разныхъ мѣстахъ при сооруженіи Маасскихъ фортовъ—всего въ размѣрѣ слишкомъ 800.000 куб. метровъ; ежедневная цифра добычи каждаго изъ такихъ устройствъ составляла отъ 800 и до 1.000 куб. метровъ.

Этотъ приемъ сортировки приложимъ ко всякимъ положеніямъ. Мы укажемъ еще на слѣдующіе случаи примѣненія его.

Нужно было разсортировать при приступленіи къ работамъ сложенный въ кучу матеріалъ свыше 100,000 куб. метровъ. Для этого былъ устроенъ сортировочный аппаратъ. Верхняя часть этой кучи, эксплуатируемая помощью вагончиковъ Дековилля, доставлялась по горизонтальнымъ путямъ къ устью аппарата высотой отъ 5,50м. до 6 м.; средній слой кучи, приблизительно на 3 м. лежавшій ниже уровня выгрузки въ сортировочный аппаратъ, извлекался лошадиной силой, а нижній подымался помощью механическихъ воротовъ.

Небольшія кучи сортировали также помощью подобныхъ механическихъ приспособленій, но имѣвшихъ высоту не болѣе 2,75—3м. Такъ какъ въ такихъ случаяхъ ежедневное потребление было незначительно, то не было надобности давать желѣзнымъ листамъ сильнаго наклона; это условіе уже само по себѣ позволяло нѣсколько уменьшить высоту аппарата, который въ обычныхъ случаяхъ никакъ не можетъ быть ниже 5 м. Разсортированные продукты падали въ вагончики Дековилля; разница высотъ двухъ типовъ повозокъ: большого вагона и вагонетки также отзывалась, конечно, на высотѣ сортировочнаго аппарата.

Расположеніе путей въ сортировочной мастерской. Надлежащій ходъ производства въ сортировочной мастерской требуетъ тщательно рассчитаннаго маневрированія вагоновъ; въ противномъ случаѣ является потеря времени отъ скучиванія ихъ и остановокъ, что влечетъ за собой уменьшеніе производительности. Правильность маневрированія зависитъ отъ способа расположенія путей. Фиг. 3 указываетъ намъ детали, позволяющіе избѣжать всякихъ колебаній при устройствѣ подобныхъ приспособленій.



Фиг. 3.

Три параллельныхъ пути подъ сортировочнымъ аппаратомъ соединяются въ точкахъ *b* и *c* съ общими эксцентриками; каждый изъ этихъ путей долженъ вмѣщать отъ 10 до 15 вагоновъ, такъ какъ вагонъ по наполненіи проталкивается немного впередъ силой человѣка, чтобы дать мѣсто порожнему вагону. Когда вагоны наполнены, изъ нихъ составляютъ поѣздъ на отвлѣтленіи *cd*, откуда

лошадью ихъ отбуксировываютъ на *de*. Минимальная длина *cd* и *de* должна быть рассчитана сообразно длинѣ поѣзда. Порожній поѣздъ приходитъ изъ *Z* по главному пути *p*; въ точкѣ *a* паровозъ отцѣпляется, оставляетъ пустые вагоны и уходитъ боковымъ путемъ *f*, чтобы зацѣпить нагруженные вагоны на отвѣтвленіи *de*; ихъ онъ уводитъ тѣмъ же самымъ путемъ *f* по направленію *Z*.

Пустые вагоны, оставленные паровозомъ въ точкѣ *a*, уводятся лошадью на отрѣзокъ *ab*, гдѣ ихъ расцѣпляютъ и по одиночкѣ подкатываютъ подъ сортировочный аппаратъ.

Тѣ же самыя манипуляціи повторяются непрерывно.

Крупные валуны можно складывать въ *G*; тогда путь *o* будетъ служить для доставки измельченнаго въ послѣдствіи продукта.

Основанія для опредѣленія стоимости производства. При болѣе или менѣе нормальныхъ условіяхъ цѣна 1 куб. метра разсортированнаго матеріала опредѣляется, какъ сумма стоимости всѣхъ операцій вплоть до окончательной выгрузки его въ складъ, слѣдующими сравнительными цифрами:

Сортировка на берегу элеваторомъ	1
Сортировка на мѣстѣ драгировки	1.3
Сухая механическая сортировка	2.5
Ручная сортировка	7

Чтобы получить истинную величину стоимости производства, сюда надо ввести издержки по устройству сортировочныхъ приспособленій. При такомъ условіи оказывается, что наиболѣе экономичной является сортировка на мѣстѣ драгировки.

Заключенія. Очевидно описанные приемы не заключаютъ въ себѣ ничего новаго. Они очень распространены въ металлургіи и особенно цѣнятся въ каменноугольномъ дѣлѣ. Въ послѣднемъ случаѣ сортировочныя устройства, снабженныя всѣми техническими усовершенствованіями, функционируютъ съ большимъ совершенствомъ. Тѣмъ не менѣе, полезно подчеркнуть тѣ выгоды, которыя практика въ правѣ ожидать отъ механической сортировки.

Вполнѣ достаточно имѣть нѣсколько бревенъ и надлежащій комплектъ желѣзныхъ листовъ, чтобы съ помощью такого матеріала устроить временное приспособленіе, способное къ удобной переноскѣ его съ мѣста на мѣсто. Какая либо случайная неровность земли, небольшая насыпь и т. д.,—все это даетъ возможность безъ труда устроить требуемую платформу на высотѣ. При небольшой производительности, подвижнымъ составомъ могутъ служить маленькія вагонетки и даже тачки.

Вопросъ часто даже еще болѣе упрощается тѣмъ, что вмѣсто трехъ сортовъ матеріала имѣютъ дѣло съ выработкой только двухъ сортовъ его.

Прибавимъ еще, что механическая сортировка песковъ и валуновъ введена въ общественныя работы не въ самое послѣднее только время. Эта, именно, система была примѣнена въ широкихъ размѣрахъ въ Женевѣ въ 1884 г. во время производства работъ по утилизаціи движущей силы Роны. Мы еще будемъ имѣть случай возвратиться къ этимъ работамъ.

Приращеніе объема. Объемъ смѣси различныхъ матеріаловъ меньше суммы объемовъ этихъ матеріаловъ, взятыхъ порознь.

Такъ, въ 1 куб. метрѣ смѣси можетъ заключаться:

Песку	0,400 куб. метр.
Валуновъ	0,600 " "
Крупныхъ валуновъ	0,120 " "

Итого . 1,120 куб. метр.

Въ такомъ случаѣ говорятъ, что приращеніе объема составляетъ 12%.

Величина приращенія объема различна: при трехъ сортахъ матеріаловъ она колеблется между 10% и 15%, при двухъ сортахъ—между 7% и 12%.

Приращеніе объема является важнымъ факторомъ, съ которымъ приходится считаться не только при работахъ, но и при коммерческихъ сдѣлкахъ.

Допустимъ слѣдующій случай:

Подрядчикъ обязуется поставить опредѣленное количество продуктовъ драгировки опредѣленнаго состава по отношенію къ пескамъ, валунамъ и крупнымъ валунамъ. Онъ сортируетъ ихъ на машинѣ и складываетъ на берегу. Измѣряется объемъ полученной кучи каждаго сорта. Спрашивается, слѣдуетъ ли оплатить объемъ дѣйствительно полученный, взявъ сумму объемовъ всѣхъ кучъ, или же вычесть изъ этой суммы приращеніе объема?

Этотъ вопросъ издавна уже возбуждалъ много споровъ. Онъ имѣетъ много общаго съ тѣмъ вопросомъ, который иногда возникаетъ при подрядахъ по производству земляныхъ работъ, именно—касательно условій перевозки земли. Поэтому лучше всего заранѣе точно условиться относительно роли приращенія объема.

Опредѣленіе коэффиціента приращенія объема очень важно для подрядчика; и потому необходимы частые опыты, которые бы выяснили тѣ измѣненія, которымъ подвергается величина этого коэффиціента.

Наконецъ, при вычисленіяхъ надо наблюдать за тѣмъ, чтобы примѣненіе этого коэффиціента происходило разъ на всегда установленнымъ способомъ.

Примѣръ. Если сумма объемовъ матеріаловъ, обладающихъ приращеніемъ объема въ 10%, дала въ итогъ объемъ въ 20.000 куб. метровъ, то объемъ смѣси будетъ не:

$$20.000 - 10\% \text{ отъ } 20.000 = 18.000,$$

а, называя его черезъ x , мы должны вывести его величину изъ уравненія

$$x + 0,10 \cdot x = 20.000$$

$$x = \frac{20.000}{1,10} = 18.180$$

Мы особенно настаиваемъ на опредѣленности примѣненія коэффиціента приращенія объема, такъ какъ неправильность въ этомъ отношеніи можетъ повлечь за собой непріятныя послѣдствія, особенно когда дѣло идетъ о значительныхъ массахъ матеріаловъ.

§ 3.

Дробленіе камней.

Дробленіе камней почти постоянно сопровождаетъ производство бетона и потому въ этомъ параграфѣ мы даемъ обзоръ этой операціи.

Слишкомъ крупные камни разбиваются на части на мѣстѣ ихъ добычи, съ цѣлью облегчить—нагрузку, доставку на мѣсто и дальнѣйшую ихъ обработку. Камни, доставленные въ мастерскую для размельченія, находятся въ кускахъ разной величины; самые крупные куски не должны быть болѣе 0,15 метр. Дробленіе производится вручную или механическимъ путемъ.

Дробленіе вручную.—Стоимость этой операціи.—Камень дробится на части молоткомъ.

Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ рабочіе имѣютъ привычку работать стоя, тяжелыми молотками съ длинной рукояткой. Этотъ примѣръ работы даетъ много браку и требуетъ непроизводительной затраты большой силы.

Добыча будетъ гораздо выше въ количественномъ и въ качественномъ отношеніи, когда рабочій, сидя, бьетъ легкимъ молоткомъ съ короткой рукояткой. При этой системѣ работа становится доступной даже для женщинъ и дѣтей. Точно также получаютъ

прекрасные результаты отъ примѣненія въ дѣло колотушекъ вѣсомъ отъ 1 до 1½ килогр., укрѣпленныхъ на длинной, гибкой рукояткѣ; для послѣдней лучше всего пользоваться орѣшникомъ.

Стоимость производства измѣняется сообразно съ крѣпостью породы и степенью размельченія.

Одинъ рабочій въ 10 часовъ времени разбиваетъ отъ 3,5 до 4 куб. м. камней размѣромъ въ 0,06м. и средней крѣпости.

Цѣна за разбивку тѣмъ выше, чѣмъ мельче получаемый продуктъ.

Для матеріаловъ средней крѣпости можно пользоваться слѣдующей таблицей, дающей относительную стоимость измельченія въ зависимости отъ размѣра.

Если разбивка, размѣромъ въ 0,08м. обходится въ 1,00	
То „ „ „ „ 0,06м. обойдется „ 1,50	
„ „ „ „ 0,04м. „ „ 1,80	
„ „ „ „ 0,015м. и до 0,03м. „ 2,40	

Механическое раздробленіе. Механическое раздробленіе производится при помощи специальныхъ машинъ, называемыхъ дробилками.

Изъ дробилокъ извѣстнаго типа болѣе всего примѣняются дробилки съ челюстями (щеками); онѣ строятся по первоначальному типу, придуманному Spincer'омъ и Clermontel'емъ.

Принципъ ихъ состоитъ въ раздавливаніи матеріаловъ между двумя бороздчатыми челюстями (щеками) изъ литой стали. Одна челюсть неподвижна, другая—подвижна; послѣдняя попеременно то удаляется, то приближается къ первой.

Другія дробилки, менѣе употребительныя, раздавливаютъ матеріалъ между двумя горизонтальными цилиндрами, параллельно установленными и вращающимися съ большой скоростью, причемъ вращеніе одного происходитъ въ обратную сторону по отношенію къ вращенію другого. Разстояніе между двумя такими цилиндрами, снабженными стальными зубьями, регулируется, смотря по величинѣ получаемыхъ кусковъ.

Существуютъ еще другіе типы, устроенные по образцу дробилокъ, примѣняемыхъ при измельченіи рудъ.

Механическое раздробленіе приноситъ выгоду только при достаточно большомъ производствѣ. Не рекомендуется примѣнять механическіе приемы раздробленія, разъ объемъ матеріала менѣе 5.000 куб. метровъ. Это обусловливается тѣмъ, что дробильныя машины требуютъ особыхъ приготовленій по установкѣ, нуждаются въ затратѣ большой движущей силы, что содержаніе ихъ дорого и ходъ ихъ подверженъ частымъ остановкамъ. Если ко всѣмъ этимъ неудобствамъ прибавить еще стоимость покупки самой машины и стоимость разныхъ манипуляцій, обусловливающихъ правильное ея функционированіе, то станетъ ясно, что примѣненіе

дробилокъ выгодно только для большихъ производствъ, когда издержки по установкѣ ихъ могутъ быть погашены раскладкой на большую массу матеріала.

Коэффициентъ полезнаго дѣйствія дробилокъ вообще очень незначителенъ: одна паровая лошадь не даетъ болѣе 5—6 куб. м. въ 10 часовъ.

Измельченный механически продуктъ часто бываетъ неудовлетворительнаго качества. Въ фортификаціонныхъ работахъ подобнаго рода продукты не пользуются довѣріемъ при приготовленіи бетоновъ, тѣмъ болѣе, что часть этихъ раздробленныхъ кусковъ оказывается трещиноватой. Съ другой стороны многіе куски, укладываясь своей длиною по направленію желобковъ дробилки, выходятъ изъ нея не съ надлежащими размѣрами.

Потеря матеріала (бракъ) при механическомъ размельченіи значительна; правда, остатками пользуются, какъ пескомъ, но если этотъ песокъ слишкомъ плоскій, то онъ негодится для сооружений, назначеніе которыхъ сопротивляться дѣйствію артиллерійскихъ снарядовъ.

Устройство мастерской. Мы здѣсь опишемъ вкратцѣ систему, примѣненную на фортахъ Масскаго департамента.

Подрядными условіями было разрѣшено примѣненіе камня въ раздробленномъ видѣ (щебня) въ размѣрѣ 20% отъ валуновъ, пошедшихъ на изготовленіе бетона. Эту пропорцію щебня ухитрились уменьшить, не вредя прочности массивовъ и не нарушая экономіи: дѣло въ томъ, что круглые валуны требуютъ затраты меньшаго количества раствора, чѣмъ битый камень (щебень).

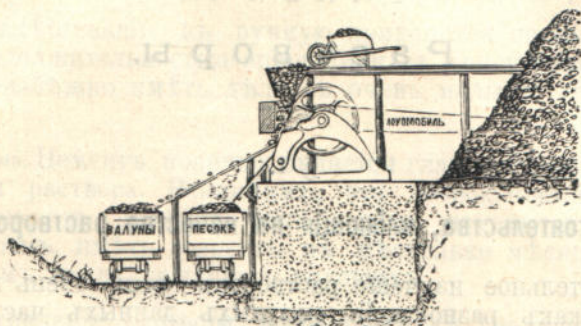
При небольшомъ производствѣ раздробленіе производилось отъ руки; въ центрахъ же большой выгрузки были установлены дробилки упомянутой системы (съ челюстями).

Дробилка (фиг. 4) примыкала къ кучѣ валуновъ, размѣрами свыше 0,06м.; раздробленный матеріалъ доставлялся въ форты при посредствѣ рельсовыхъ путей (смотри фиг. 3, 6).

Камни изъ кучи, нагруженные въ тачки или въ вагончики, ссыпались въ воронку, изъ которой попадали между челюстей аппарата. Раздробленный матеріалъ падаетъ на наклонный желѣзный листъ, устѣянный отверстиями, величиной въ 0,02м. въ его верхней части. Песокъ, проходя черезъ эти отверстія, скользя по сплошному нижнему листу въ вагонъ. Камни величиною 0,06—0,03 м., спускаясь по верхнему листу, падали во второй вагонъ.

Сравненіе обѣихъ системъ раздробленія. Повидимому описанное устройство механической мастерской должно бы обходиться дешево; однако если сравнить стоимость производства при той и другой системѣ, т. е. механическую разбивку и разбивку отъ руки, то мы съ удивленіемъ приходимъ къ обратному заключенію, убѣдить въ которомъ насъ можетъ только детальное разсмотрѣніе вопроса.

Въ случаѣ разбивки отъ руки, когда рабочіе получаютъ матеріалъ, непосредственно доставляемый на мѣсто работъ, ни малѣйшая посторонняя манипуляція не усложняла дѣла, кромѣ самаго раздробленія.



Фиг. 4.

Во второмъ случаѣ, при механической разбивкѣ, необходимо было, не принимая въ разсчетъ манипуляцій, требуемыхъ дробилкой, соблюденіе слѣдующихъ условій:

Надо было устроить пробѣгъ по вѣтвямъ длиной въ 500м.—600м. для образованія кавальера, форма котораго сверхъ того удовлетворяла бы условію удобной эксплуатаціи его.

Далѣе, надо было брать тачкой сложенный такимъ образомъ матеріалъ и дать ему пройти разстояніе въ 30—40 м., прежде чѣмъ онъ попадетъ въ дробилку. Наконецъ, надо было маневрировать внизъ большими вагонами, предназначенными принимать раздробленный матеріалъ и отвозить его на главный путь.

Случалось, что, не считая расходовъ, по покупкѣ, установкѣ и содержанію дробилокъ, не считая затратъ, получающихся отъ ихъ остановокъ, порчи и т. д., стоимость механической разбивки обходилась только немногимъ дешевле ручной.

За то этотъ послѣдній способъ имѣлъ то преимущество, что обусловливалъ получение однообразныхъ матеріаловъ, болѣе пригодныхъ для полученія бетона.

Теоретически говоря, выгодно принимать крупные валуны, по выходѣ ихъ изъ сортировочнаго аппарата, прямо въ дробилку; такъ, дѣйствительно, и поступали въ Женевѣ. При работахъ въ Масскихъ фортахъ подобное примѣненіе было неосуществимо; невозможно было доставить въ желаемый промежутокъ времени продукты драгировки въ раздробитель. Кромѣ того, имѣли въ виду не загромождать слишкомъ сортировочной мастерской, гдѣ въ теченіе часа, на ограниченномъ пространствѣ, выгружалось, сортировалось и отправлялось опредѣленное количество матеріаловъ.

ГЛАВА IV.

Р а с т в о р ы .

§ 1.

Обстоятельства, влияющія на качество растворовъ.

Основательное изученіе растворовъ—вещь очень неблагодарная, такъ какъ разногласіе опытныхъ данныхъ часто бываетъ очень трудно объяснимо теоріей. Поэтому въ практическомъ очеркѣ умѣстнѣе ограничиться знакомствомъ съ уже добытыми фактами и перечисленіемъ главнѣйшихъ принциповъ, неизмѣнность которыхъ стала всѣмъ извѣстной.

Мы займемся исключительно цементными растворами, такъ какъ этого рода смѣси чаще всего примѣняются въ бетонномъ дѣлѣ; другіе растворы, гораздо болѣе изученные, разбираются во всѣхъ техническихъ изданіяхъ.

Прежде всего мы рассмотримъ обстоятельства, влияющія на ходъ и успѣхъ приготовленія раствора.

Послѣднее будетъ удачно, если, при данныхъ составныхъ частяхъ, растворъ дастъ maximum сопротивленія и maximum силы сцѣпленія его съ каменными матеріалами. Въ извѣстныхъ случаяхъ отъ раствора требуютъ еще особаго свойства: *непроницаемости*.

Сопротивленіе. Вообще говоря, вяжущая способность (сила сцѣпленія) раствора съ камнями растетъ вмѣстѣ съ сопротивленіемъ его; поэтому то, что будетъ говоритья объ этомъ послѣднемъ свойствѣ, почти всегда приложимо и къ первому.

Сухая смѣсь. Цементъ и песокъ, идущіе на приготовленіе раствора, должны быть сначала тщательно смѣшаны между собой въ сухомъ видѣ для полученія однороднаго порошка аггломерата. Если цементъ предварительно затворить одинъ и потомъ прибавлять песокъ, то такой цементъ дастъ тѣсто, которое затѣмъ не будетъ въ состояніи равномерно заполнить пустоты въ массѣ песка.

Процессъ затѣмиванія (затворенія). Качества раствора улучшаются съ энергичностью затѣмиванія; послѣднее же зависитъ отъ работоспособности аппарата. Съ аппаратомъ, плохо дѣйствующимъ,

можно также получить удовлетворительные результаты, но только при этом продолжительность операции значительно затянется, и, следовательно, продуктивность такого аппарата значительно уменьшится. Это последнее обстоятельство прямо указывает на выгоды применения въ дѣло хорошаго замѣшивающаго аппарата.

При замѣшиваніи въ ручную приходится не только наблюдать за продолжительностью операціи и за консистенціей смѣси, но еще неизбѣжно имѣть дѣло съ очень малыми количествами смѣсей.

Цементъ. Цементъ, конечно, является главнымъ факторомъ сопротивленія раствора. Вспомнимъ, что доброкачественный портландскій цементъ долженъ быть хорошо измельченъ, долженъ быть тяжелымъ, имѣть возрастъ въ нѣсколько мѣсяцевъ и быть сохраняемымъ въ надлежащихъ условіяхъ.

Сопротивленіе раствора возрастаетъ съ увеличеніемъ дозы цемента; но это правило справедливо только до извѣстнаго предѣла. Предѣлъ этотъ, установленный опытнымъ путемъ, отвѣчаетъ приблизительно такой пропорціи: *одна часть песку на одну часть портландскаго цемента*. Подобный растворъ обладаетъ такимъ-же сопротивленіемъ, какъ и растворъ изъ чистаго портландскаго цемента (безъ примѣси песку).

Что касается шлаковыхъ цементовъ, то maximum сопротивленія ихъ растворовъ отвѣчаетъ: *одной части цемента на три части песка*.

Вѣсъ 1 куб. метра портландскаго цемента принимаютъ равнымъ 1.300 килогр.; въ Англіи и Германіи принята цифра 1.400 килогр.

Слѣдовательно, высшій предѣлъ сопротивленія раствора получится при отношеніи 1.300 килогр. цемента на 1 куб. метръ песку; при изготовленіи растворовъ, предназначенныхъ для обыкновенныхъ каменныхъ работъ, нельзя спускаться ниже отношенія 100 килогр. цемента на 1 куб. м. песку, такъ какъ такой растворъ обладаетъ ничтожнымъ сопротивленіемъ.

Дальше мы увидимъ, какихъ отношеній цемента и песку придерживаются въ растворахъ, предназначенныхъ для бетонныхъ работъ.

Песокъ Качество растворовъ улучшается вмѣстѣ съ чистотой песка и величиной его песчинокъ.

Крупный песокъ (гравій) не только увеличиваетъ конечное сопротивленіе монолита, но также вызываетъ его начальное сопротивленіе (съ самаго начала работы). Это свойство крупнаго песка очень драгоцѣнно для гидротехническихъ сооружений и работъ на морѣ, гдѣ бываетъ очень важно располагать большими на-

чальными сопротивленіями; эти послѣднія даютъ возможность еще свѣжимъ, неокрѣпшимъ массивамъ сопротивляться разрушенію, причиняемому имъ дѣйствіемъ воды. Равнымъ образомъ это свойство играетъ важную роль при бетонныхъ постройкахъ, возводимыхъ на большой высотѣ и въ небольшой промежутокъ времени; оно также позволяетъ раньше снимать кружала изъ подъ сводовъ и разбирать формы для бетонныхъ отливокъ и тѣмъ самымъ даетъ сбереженіе въ утилизаціи матеріала этихъ формъ.

Лучшій песокъ—это тотъ, который состоитъ изъ песчинокъ разной величины; чѣмъ разнообразіе въ этомъ отношеніи больше, тѣмъ меньше пустотъ въ песокѣ. Пользуются съ успѣхомъ гравіемъ, размѣромъ отъ 0,00 до 0,02м. въ діаметрѣ.

Крупные пески имѣютъ еще то преимущество, что, давая избытокъ сопротивленія, позволяютъ съ меньшей дозой цемента получить растворы столь же доброкачественные, какъ и при мелкихъ пескахъ съ болѣе богатымъ содержаніемъ цемента.

Возрастъ. Сопротивленіе растворовъ увеличивается съ теченіемъ времени, причемъ процессъ этотъ совершается приблизительно слѣдующимъ образомъ: одной трети полного сопротивленія растворъ достигаетъ къ концу перваго мѣсяца; половины—къ концу третьяго мѣсяца и двухъ третей—спустя полгода; послѣднюю же треть сопротивленія онъ приобретаетъ медленно, годами; вотъ почему часто говорятъ: *цементный растворъ вырываетъ съ теченіемъ времени.*

Однако нѣкоторые растворы, очевидно сомнительнаго качества, обнаруживали съ возрастомъ уменьшеніе сопротивленія.

Цементные растворы приобретаютъ въ концѣ концовъ болѣшую прочность во влажной средѣ и въ водѣ, чѣмъ на открытомъ воздухѣ. Однако въ началѣ сопротивленіе растворовъ меньше въ водѣ, чѣмъ на воздухѣ.

Температура.—А.—Цементные растворы и бетоны изготовляются при температурѣ не ниже — 5° С.

При низкихъ температурахъ (до—5°), замедляется схватываніе и затвердѣваніе раствора; однако при повышеніи температуры такой растворъ возвращается въ нормальныя условія безъ всякаго колебанія величины коэффиціента его сопротивленія.

В. При температурахъ ниже—5° С прибавляютъ соль въ воду, служащую для приготовленія раствора. При этомъ схватываніе почти совсѣмъ останавливается; оно начинаетъ снова дѣйствовать только при возвращеніи раствора къ обыкновенной температурѣ; окончательное же сопротивленіе такого раствора является нѣсколько уменьшеннымъ.

Соль, какъ извѣстно, въ растворахъ болѣе или менѣе концентрированныхъ понижаетъ точку замерзанія воды: на этомъ и основано ея употребленіе. Если бы въ этомъ послѣднемъ случаѣ не было прибавлено соли и слѣдовательно ничто бы не помѣшало замерзанію воды, то расширеніе этой послѣдней при замерзаніи разрушило бы твердѣющій растворъ (мы знаемъ, что вода, обращаясь въ ледъ, увеличивается въ объемѣ).

С. Самая благопріятная температура для приготовленія раствора колеблется между 14°C и 18°C ; при этой температурѣ схватываніе идетъ нормально.

Д. Высокія температуры ускоряютъ схватываніе и потому, чтобы замедлить его, приходится иногда прибавлять хлористый кальцій въ воду, служащую для приготовленія раствора.

Въ растворахъ, приготовленныхъ при высокихъ температурахъ, сопротивленіе, особенно въ началѣ, интенсивно увеличивается; тѣмъ не менѣе конечное сопротивленіе такихъ растворовъ вообще не болѣе, а иногда даже меньше конечнаго сопротивленія нормальныхъ растворовъ, приготовленныхъ при обыкновенной температурѣ.

Вода. Вода для затворенія должна примѣняться въ надлежащихъ количествахъ; однако, точную пропорцію ея трудно установить.

Для растворовъ изъ чистаго портландскаго цемента эта пропорція установлена математически точно: 250 литровъ воды на бочку матеріала.

Что же касается до песка, то его требуется, смотря по крупности его песчинокъ, разное количество.

Въ практикѣ совѣтуютъ производить затвореніе *густо*, т. е. употребляя по возможности меньше воды. Избытокъ ея вреденъ, такъ какъ въ концѣ концовъ вся вода изъ раствора должна уйти путемъ испаренія; уходя же ея оставляетъ пустоты, уменьшающія плотность раствора.

Съ другой стороны, не слѣдуетъ уклоняться въ другую крайность, уменьшая сверхъ мѣры пропорцію воды; лучше мириться съ нѣкоторымъ ея избыткомъ, что дѣлаетъ растворъ болѣе пластичнымъ и благопріятно отзывается на степени его смѣшенія съ камневидной составляющей бетона. Кромѣ того, нѣкоторый избытокъ воды позволяетъ быть увѣреннымъ, что химическія реакціи между составляющими раствора совершились и что въ растворѣ не будутъ уже имѣть мѣсто дальнѣйшія явленія, вызываемыя неполной гидратаціей цемента. Такое затвореніе еще до сихъ поръ рекомендуется при выполненіи работъ подъ водой, какъ будетъ показано далѣе.

Вода должна быть хорошаго качества; для этого годятся всѣ прѣсныя воды; не слѣдуетъ только употреблять воду, содержащую извѣстное количество органическихъ остатковъ.

Температура воды должна заключаться между 10°C и 18°C . Морская вода замедляетъ схватываніе, не отражаясь вредно на окончательной величинѣ сопротивленія раствора. Въ массивахъ же значительной высоты ея примѣненіе должно быть запрещено, такъ какъ морскія соли, выѣтриваясь, разрушаютъ облицовку.

Растворы, примѣняющіеся въ морскихъ сооруженіяхъ. Выше мы замѣтили, что мелкіе пески должны быть исключены изъ работъ въ морской водѣ.

Слабыя пропорціи содержанія цемента въ растворѣ также не дозволяются никогда. Напомнимъ по этому случаю, что уменьшенію дозы цемента въ растворѣ и были обязаны главнымъ образомъ своимъ разрушеніемъ въ Англіи, нѣсколько лѣтъ тому назадъ, знаменитыя морскія сооруженія изъ бетона: плотины въ Абердинѣ, Фрезербургѣ, Буки; эти несчастія временно дискредитировали бетонъ. Однако разборъ обстоятельствъ дѣла показалъ, что монолитъ содержалъ только одну часть цемента на $7\frac{1}{2}$ до 9 частей гравія и что по этому онъ неминуемо долженъ былъ разрушиться.

Растворъ, примѣняемый для морскихъ сооруженій, долженъ быть непроницаемымъ: количество цемента должно быть достаточнымъ, чтобы заполнить всѣ пустоты въ пескѣ.

Въ X главѣ, мы скажемъ нѣсколько подробнѣе о растворахъ, примѣняемыхъ для морскихъ сооруженій.

Вторичное затвореніе. Растворъ, еще не совсѣмъ затвердѣвшій, можетъ быть употребленъ въ дѣло даже спустя 20 — 40 часовъ послѣ его первоначальнаго затворенія; для этого прибѣгаютъ ко вторичному затворенію (переколачиванію), прибавля къ нему новое количество воды.

Вновь затворенный растворъ принимаетъ окончательное сопротивленіе, мало разнящееся отъ сопротивленія раствора, употребляемаго въ дѣло непосредственно вслѣдъ за изготовленіемъ.

Однако слѣдуетъ замѣтить, что вторичная прибавка воды ставитъ, вообще говоря, растворъ въ нѣсколько неблагоприятныя условія. Впрочемъ, эта прибавка неизбежна для растворовъ, примѣняемыхъ въ морскихъ сооруженіяхъ, ибо, какъ показали опыты, въ этомъ случаѣ растворъ, переколотенный безъ воды, лишался своего сопротивленія.

Въ концѣ концовъ, вторичное затвореніе (переколачиваніе) — плохой способъ: онъ поглощаетъ массу ручного труда и указываетъ часто просто на небрежное веденіе дѣла.

Связность. Связность или сила сцѣпленія раствора съ камнями

зависитъ отъ содержанія въ немъ цемента и увеличивается вмѣстѣ съ этимъ послѣднимъ.

Для провѣрки этого положенія связываютъ два кирпича другъ съ другомъ цементнымъ тѣстомъ и такую систему подвергаютъ дѣйствию растяженія; въ большинствѣ случаевъ разрывъ происходитъ въ массѣ кирпичей, а не въ толщѣ соединительнаго слоя. Если въ соединительномъ швѣ цементъ смѣшанъ съ пескомъ, то разрывъ происходитъ либо по линіи соединенія кирпичей и этого шва, либо въ самой толщѣ шва.

Связность раствора зависитъ также отъ характера поверхностей связуемыхъ камней; однако вліяніе послѣдняго фактора до сихъ поръ не изучено вполне.

До нашихъ дней явленія связности были плохо изучены; причину этого мы должны искать въ трудности опредѣленія степени связности.

Непроницаемость. Непроницаемость раствора также растетъ вмѣстѣ съ содержаніемъ въ немъ цемента. Однако, въ нѣкоторыхъ случаяхъ бываетъ бесполезно увеличивать сверхъ мѣры пропорцію цемента; дѣйствительно, замѣчено, что растворы, содержащіе по меньшей мѣрѣ 350 килогр. цемента на 1 куб. метръ песка, становились по прошествіи нѣкотораго времени непроницаемыми даже въ томъ случаѣ, когда они были подвержены продолжительной фильтраціи.

При морскихъ работахъ всякую фильтрацію, даже кратковременную, и ту слѣдуетъ безусловно избѣгать; въ этомъ случаѣ составъ раствора непосредственно долженъ гарантировать непроницаемость.

Песокъ, составленный изъ смѣси разной величины зеренъ, наиболѣе благопріятствуетъ условіямъ непроницаемости, т. е. объемъ пустотъ такого песка является наименьшимъ.

Время, какъ мы только что видѣли, также увеличиваетъ непроницаемость растворовъ, подверженныхъ фильтраціи; однако послѣдніе, конечно, не должны быть ни трещиноватыми ни распадающимися. Известковые растворы не обладаютъ этимъ важнымъ свойствомъ.

Въ противоположность сопротивленію, непроницаемость возрастаетъ съ болѣе жидкимъ растворомъ; однако это свойство обнаруживается только при началѣ работъ; спустя же нѣсколько мѣсяцевъ непроницаемость въ концѣ концовъ дѣлается одинаковой для растворовъ, застывшихъ какъ жидко, такъ и густо. Тѣмъ не менѣе, въ виду указаннаго только что свойства, рекомендуется растворы, предназначенные для морскихъ сооружений, затворять жидко.

Теоріей установлено различіе между проницаемостью и пористостью; эти два свойства имѣютъ много общаго. Однако бываютъ случаи, что одинъ и тотъ же растворъ можетъ быть почти вполне

непроницаемымъ и въ то же время очень пористымъ. Это и есть какъ разъ случай раствора, богатаго цементомъ, но приготовленнаго съ помощью мелкихъ песковъ; по этой то причинѣ, главнымъ образомъ, и исключаются мелкіе пески при морскихъ сооруженіяхъ.

§ 2.

Приготовление раствора.

Приготовление раствора выполняется или ручнымъ способомъ, или механическимъ.

Механическое приготовленіе требуетъ примѣненія аппаратовъ, приводимыхъ въ дѣйствіе людьми, или животными, равно какъ водой, газомъ или паромъ и т. д.; по всей вѣроятности мы скоро дождемся того, что эти аппараты будутъ приводиться въ движеніе силой электричества.

Дѣйствительно, электрическая энергія призвана оказать громадныя услуги при выполненіи подобныхъ работъ, особенно въ нѣкоторыхъ рѣчныхъ и морскихъ сооруженіяхъ, гдѣ часто требуется, и притомъ очень быстро, защитить сооруженіе отъ неожиданнаго разрушенія, вызываемаго, напримѣръ, приливомъ, бурей и т. п.

Электричество сдѣлаетъ возможнымъ примѣненіе движущей силы рѣкъ и передачу этой энергіи по проводамъ на большія разстоянія къ мѣстамъ ея потребленія.

Ручное приготовленіе. Оно встрѣчается только въ мастерскихъ съ небольшою ежедневной выработкой; въ силу неизбежности оно также примѣняется при работахъ въ далекихъ странахъ, куда очень дорого стоило бы перевезти машины.

Известковые растворы. „Прямо на землѣ устраивается деревянная платформа; на этой платформѣ помѣщаютъ известное количество песка, необходимое для операціи и этому песку лопатой придаютъ форму круглаго бассейна, во внутрь котораго вливается известное количество известковаго тѣста; послѣ этого приступаютъ къ тщательному перемѣшиванію песка съ известью при помощи деревянныхъ или желѣзныхъ скребковъ; рабочий, держа въ рукахъ скребокъ, старается сначала, толкая отъ себя скребокъ, сдвинуть массу на настилкѣ и размельчить глыбы; затѣмъ тащить скребокъ къ себѣ, чтобы приподнять массу и дать возможность песку, образующему стѣнки бассейна понемногу подсыпаться внизъ. Одинъ рабочий переворачиваетъ массу лопатой по мѣрѣ того, какъ другіе перемѣшиваютъ ее скребками; растворъ — готовъ, когда всѣ составныя части хорошо перемѣшаны, т. е. когда не замѣтно болѣе никакихъ частицъ извести, отдѣленныхъ отъ песка; тогда

въ послѣдній разъ переворачиваютъ массу и несутъ для употребленія въ дѣло къ каменщикамъ“ (Etude sur les mortiers, M. Foy).

Описанная операція приговленія известкового раствора претерпѣваетъ нѣкоторыя измѣненія сообразно съ обычными приемами и условіями, въ которыя поставлена известь послѣ гашенія.

По большей части известь доставляется на мѣсто ея потребленія въ глыбахъ и здѣсь уже гасится. Въ дѣло употребляется такая известь спустя 3 — 4 дня послѣ гашенія; гашеная известь просѣивается черезъ ивовое сито, чтобы удалить изъ нея недожогъ и куски плохо погашенные. Этотъ послѣдній результатъ достигается при оперированіи съ сухой смѣсью извести и песка: рабочий замѣчаетъ и удаляетъ куски дурнаго качества; къ несчастью этотъ приемъ вообще ненадеженъ, такъ какъ требуетъ большого вниманія со стороны рабочихъ.

Растворы медленно схватывающагося цемента. Растворъ готовится на прочномъ полу, настилка котораго покрыта листовымъ желѣзомъ.

Чтобы получить хорошій продуктъ, надо оперировать надъ небольшими количествами.

Слѣдующій приемъ даетъ хорошіе результаты: три тачки, вмѣщающія 0,250 куб. м. вполнѣ сухого песка, доставляются на помость; на это количество песку высыпается цементъ въ пропорціи, требуемой растворомъ. Два человѣка тщательно перемѣшиваютъ эти матеріалы лопатами; послѣ этого прибавляется известное количество воды и смѣсь тщательно опять перемѣшивается лопатами или скребкомъ. Нѣкоторые строители послѣ перемѣшиванія перебиваютъ растворъ еще помощью колотушекъ; этотъ старинный способъ является излишнимъ въ растворѣ съ портландскимъ цементомъ; послѣдній вовсе не нуждается, какъ известковые растворы, въ механической обработкѣ.

Растворы романскаго цемента. Затвореніе такого раствора представляетъ очень важную и въ тоже время очень капризную операцію; она требуетъ для своего выполненія очень опытныхъ рабочихъ.

„Слѣдуетъ оперировать заразъ съ незначительными количествами раствора, и затвореніе должно производиться кистью руки; количество воды не должно быть больше половины объема цемента. Сначала кажется, что этого количества воды недостаточно, ибо въ началѣ растворъ долучается слишкомъ густымъ; но вскорѣ при дальнѣйшемъ растираніи онъ чувствительно размягчается. Готовый растворъ, хорошо затворенный, выглядитъ съ виду блестящимъ и слегка маслянистымъ“. (Etude sur les mortiers, par M. Foy).

Основанія для опредѣленія стоимости ручного приготвленія Обык-

высотой отъ 1,20м. до 1,50м. и діаметромъ отъ 0,80м. до 1,20м. Вертикальная, деревянная ось проходитъ по серединѣ аппарата, къ ней придѣланы грабли, расположенныя одна надъ другой. При вращеніи оси зубья этихъ послѣднихъ проходятъ между другими зубьями, укрѣпленными въ стѣнкахъ внутри бочки. Благодаря такому расположенію зубьевъ, масса, разбиваясь на части, вращаясь и надлежащимъ образомъ разбиваясь, доходить, описывая винтовую линію, до дна чана, гдѣ дверца, устроенная въ вертикальной стѣнкѣ, даетъ выходъ уже готовой массѣ раствора.

Всѣ аппараты этого рода устраиваются по одному и тому же типу, измѣняются только очертанія и количество зубцовъ. Иногда не дѣлаютъ самой нижней грабли; ее тогда замѣняютъ двумя или четырьмя винтовыми лопастями, которыя заново перемѣшиваютъ тѣсто, дошедшее до дна бочки.

Этотъ послѣдній типъ, 1,20м. — высоты и 0,80м. внутренняго діаметра, съ деревянной осью, снабженной четырьмя граблями, расположенными одна надъ другой, былъ примѣненъ при работахъ фортовъ Масскаго департамента, — работахъ, потребовавшихъ болѣе 600.000 куб. метровъ раствора.

Бочка Роже. М. Роже соединилъ обѣ системы смѣшиванія. Онъ снабдилъ нижнюю часть вертикальной оси обыкновеннаго типа бочекъ чугунными дисками, которые растирали уже перемѣшанный въ верхней части бочки матеріалъ. Выпусканіе раствора здѣсь производится черезъ два отверстія: на днѣ бочки и черезъ боковую дверцу.

Винтъ Гревельдингера. Въ 1857 г. Гревельдингеръ замѣшивалъ растворъ при содѣйствіи винта. Песокъ и цементъ бросались лопатой въ засыпную воронку, въ которой сухое смѣшеніе этихъ матеріаловъ достигалось вращеніемъ вертикальнаго конуса; вращеніемъ увлекалось и самое дно воронки. Выходъ сухой смѣси регулировался затворомъ; изъ воронки смѣсь направлялась въ цилиндръ, поставленный горизонтально, или слегка наклонно, ось вращенія котораго была снабжена по всей своей длинѣ винтовой поверхностью. Въ моментъ паденія массы, въ цилиндръ доставлялось желаемое количество воды. Увлажненные матеріалы продвигались подъ вращательнымъ дѣйствіемъ винта въ ковшъ. Этотъ приемъ приготовленія раствора былъ усовершенствованъ примѣненіемъ желѣзныхъ зубьевъ на деревянной оси, разрывающихъ и раздѣляющихъ тѣсто на части.

Растворъ принимался въ концѣ аппарата въ тачки, въ вагончики, или даже въ ведра, помѣщенные на подвижной платформѣ; послѣдній способъ позволялъ очень легко замѣнять полныя ведра пустыми.

Смѣшивающіе и размалывающіе аппараты. Ронделе, занимавшійся исторіей этого рода аппаратовъ, полагаетъ, что они появились уже

послѣ извѣстныхъ толчейныхъ машинъ, которыя Bocklerius въ книгѣ, напечатанной въ 1662 г. въ Нюренбергѣ, называетъ именемъ Tribomylosc (Theatrum Machinarum).

Жернова. Самые первые аппараты этого рода состояли изъ каменнаго жернова, вращавшагося въ бассейнѣ круглой формы; этотъ жерновъ былъ насаженъ на ось, приводившуюся въ движеніе коннымъ приводомъ.

Эта система, слишкомъ тяжело приводимая въ движеніе, была въ послѣдствіи усовершенствована. Прибору придали болѣе легкій ходъ примѣненіемъ жернововъ, похожихъ на колеса экипажей; работоспособность прибора увеличили сочетаніемъ двухъ или трехъ такихъ колесъ, вращавшихся въ одномъ и томъ же чанѣ, но обладавшихъ неодинаковыми радіусами; затѣмъ присоединили къ аппарату грабли, переворачивавшіе массу. Въ число подобныхъ аксессуаровъ вошли также скребки въ формѣ лемеха у плуга, отдѣлявшие смѣсь отъ стѣнокъ чана. Чанъ дѣлался изъ дерева или чугуна. Примѣнялись разные способы наудобнѣйшаго опоражниванія чана; обыкновенно для этой цѣли устраивался опускной трапъ на днѣ чана.

Бѣгуны. Бѣгуны представляютъ, даже и со всѣми новѣйшими усовершенствованіями, попытку возврата къ первоначальнымъ жерновамъ. Примѣненіе въ дѣйствіе механической силы позволило придать значительный вѣсъ истирающимъ колесамъ.

Существенной частью такихъ аппаратовъ является чанъ изъ чугуна круглой формы, въ которомъ движутся два колеса (жернова) также изъ чугуна. Чанъ можетъ быть закрѣпленъ неподвижно; тогда колеса приводятся во вращеніе вертикальной осью.

Иногда устраиваютъ неподвижными жернова: тогда чану сообщается вращательное движеніе помощью системы зубчатыхъ колесъ. Въ этомъ случаѣ жернова вращаются только вокругъ ихъ горизонтальной оси. Такъ какъ присутствіе въ смѣси твердаго тѣла можетъ испортить части механизма, то при устройствѣ колесъ принимаютъ извѣстную предосторожность, именно позволяють вертикальной оси, на которой насажены эти колеса, подыматься въ обоихъ гнѣздахъ. Металлическіе лопаточки, укрѣпленные въ чанѣ, расположены такимъ образомъ, чтобы сгонять смѣсь въ поле дѣйствія жернововъ.

Дабы имѣть возможность съ малыми издержками производить починку износившагося аппарата, чаны снабжаютъ двойнымъ дномъ; такое дно готовятъ изъ нѣсколькихъ сегментовъ, изъ которыхъ каждый въ случаѣ порчи легко замѣнить новымъ.

Замѣтимъ въ заключеніе, что практика, повидимому, говоритъ въ пользу бѣгуновъ съ неподвижно укрѣпленнымъ чаномъ и съ

подвижными колесами: послѣднимъ расположеніемъ ослабляется вредное дѣйствіе толчковъ.

Кромѣ того, неподвижность чана позволяетъ автоматически опоражнивать его черезъ отверстие, устроенное въ его днѣ.

Каждый жерновъ большихъ размѣровъ вѣситъ отъ 950 до 1.000 килограмм.; жернова малыхъ размѣровъ вѣсятъ отъ 500 до 600 килограмм.

Общія замѣчанія. Механическіе аппараты ставятся всегда подъ навѣсъ, т. к. приготовленіе раствора должно всегда происходить подъ кровлей.

Передача движенія устраивается или сверху, или снизу аппарата; она должна быть такъ расположена, чтобы не мѣшать производимымъ операціямъ: сухого смѣшиванія, нагрузки и выгрузки массы изъ аппарата. Доставка воды также должна быть обезпечена; по большей части ею заранее наполняется резервуаръ, помѣщенный выше аппарата. Струя регулируется краномъ; вода выбрасывается черезъ сито, устроенное на манеръ ситочка садовыхъ лейекъ, въ видѣ снопа.

Песокъ и цементъ предварительно смѣшиваютъ въ сухомъ видѣ тутъ же у аппарата.

Сравненіе различныхъ аппаратовъ. Утверждаютъ, что бѣгуны даютъ самые лучшіе растворы; однако это строго справедливо лишь для известковыхъ растворовъ и пуццолановыхъ, но не относится къ цементнымъ растворамъ, особенно, если послѣдніе предназначены для фабрикаціи бетона.

Цементъ уже при фабрикаціи своей обращенъ въ тонкій порошокъ; и потому всякое добавочное размельченіе его является излишнимъ. Даже болѣе того, такъ какъ крупность частицъ песку увеличиваетъ сопротивленіе раствора, то очевидно, что мы получимъ обратные результаты, если станемъ эти зерна еще болѣе размельчать.

Аппараты-смѣшители въ сравненіи съ аппаратами смѣшивающими и размалывающими, представляютъ слѣдующія преимущества:

Они гораздо дешевле.

Установка ихъ проще и быстрѣе; ихъ вѣсъ меньше. Они легче приводятся въ движеніе. Полезное дѣйствіе ихъ гораздо выше, равно какъ и качества даваемого продукта.

Небольшіе аппараты этого типа могутъ быть приводимы въ движеніе человекомъ, тогда какъ бѣгуны всегда требуютъ наличности большой движущей силы. Часто смѣшителямъ ставятъ въ упрекъ, что они потребляютъ слишкомъ много воды для успешнаго хода дѣла. Иногда этотъ упрекъ основателенъ, но дѣло над-

лежащаго надзора помѣшать излишнему расходу воды, что часто практикуется рабочими въ видахъ уменьшенія сопротивленія, которое тѣстообразная масса подчасъ представляетъ вращенію оси аппарата-смѣшвателя.

Зато въ пользу бѣгуновъ приводятъ значительный вѣсъ ихъ жернововъ; подъ вліяніемъ этого вѣса выдавливается вода и выгоняется воздухъ, заключающіеся въ растворѣ, что увеличиваетъ компактность послѣдняго.

Въ концѣ концовъ, истирающіе аппараты (бѣгуны) всегда предпочитаютъ для известковыхъ растворовъ и цементныхъ растворовъ, предназначающихся для каменной кладки; примѣненіе же аппаратовъ-смѣшвателей признается болѣе подходящимъ для растворовъ, идущихъ на приготовленіе бетона. Между различными системами смѣшвателей наибольшимъ предпочтеніемъ пользуются вертикальные аппараты: они занимаютъ меньше мѣста и требуютъ меньше силы, т. к. сила тяжести слагается въ благопріятномъ смыслѣ съ дѣйствіемъ аппарата. Въ горизонтальныхъ аппаратахъ, напротивъ, массу долженъ увлекать самъ-же механизмъ.

Не надо забывать, что всѣ эти соображенія относятся исключительно къ растворамъ, примѣняемымъ къ бетонамъ изъ крупныхъ элементовъ, каковое и встрѣчается постоянно въ общественныхъ работахъ. Это замѣчаніе не распространяется на бетоны изъ мелкихъ элементовъ, въ родѣ бетоновъ Куанье; этого сорта продукты, дѣйствительно, обязаны своими достоинствами особому замѣшиванію, выполняемому усовершенствованными, правда, аппаратами, но за то и болѣе сложными и менѣе производительными. Практика большихъ заводовъ очевидно не можетъ избѣжать примѣненія такихъ специальныхъ машинъ.

Основанія стоимости приготовленія растворовъ. Нѣкоторые авторы приводятъ цифры стоимости производства при фабрикаціи растворовъ; однако, слишкомъ значительное разногласіе, существующее на этотъ счетъ, можетъ привести читателя въ недоумѣніе.

Намъ кажется, что нѣсколько рискованно устанавливать общія цифры стоимости производства, которыя представляютъ собой слишкомъ измѣнчивыя величины. Чтобы дать эти цифры, надо сначала установить нѣкоторые факторы, главнѣйшіе изъ которыхъ суть слѣдующіе:

Задѣльная плата;

Стоимость покупки и доставки матеріала;

Ежедневный расходъ угля, масла, потеря матеріала и т. д.;

Производительность аппарата, которая мѣняется въ довольно широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ контроля, устанавливаемого на заводѣ;

Значительность предприятия, позволяющая уменьшить процент погашения.

Наконецъ, слѣдуетъ также имѣть въ виду процентное содержаніе матеріаловъ, входящихъ въ составъ раствора.

Только установивши эти главнѣйшіе факторы производства, возможно сравнивать различные способы приготовленія раствора.

Ниже помѣщены коэффициенты, показывающіе относительную стоимость 1 куб. метра готоваго раствора при различныхъ способахъ его изготовленія. Эти коэффициенты, зависящіе въ строго установленныхъ предѣлахъ отъ свойствъ матеріала и его сохраненія, составлены въ предположеніи, что матеріалы уже доставлены къ самой постройкѣ и что въ нихъ входятъ только исключительно издержки по сухому смѣшенію и затворенію раствора.

Аппараты	{ паровые	{ безъ размельченія	1.00
		{ съ размельченіемъ	1.80
Ручное производство	{	приводимые въ дѣйствіе лошадыю	2.50

Производительность двигателей. Часто бываетъ необходимо опредѣлить, какой изъ двигателей слѣдуетъ примѣнить; выборъ зависитъ отъ того, какое количество матеріала слѣдуетъ приготовить въ день.

Дознано, что хорошіе вертикальные смѣшители, если движущая сила тратится только на вращательное дѣйствіе аппарата, даютъ слѣдующіе результаты:

Въ 10 часовъ 1 паровая лошадь	даётъ отъ 30 до 35 куб. метр. раствора.
» 10 » 1 живая лошадь	» » 25 » 30 » » »
» 10 » 1 человѣкъ	приготовляетъ » 6 » 7 » » »

Разсматривая дальше въ отдѣльности разные манипуляціи, необходимые для приготовленія бетона, мы получимъ возможность точнѣе познакомиться съ этимъ вопросомъ.

§ 3.

Составленіе (пропорціи составныхъ частей) растворовъ.

Бетонные растворы. Составленіе бетонныхъ растворовъ обыкновенно не разсматривается отдѣльно, такъ какъ вопросы, относящіеся до приготовленія растворовъ и бетоновъ тѣсно связаны между собой. Въ дѣйствительности, растворъ, удовлетворяющій требованіямъ производства каменной кладки, можетъ оказаться непригоднымъ для изготовленія бетона.

Примѣръ. Растворъ, содержащій 150 килогр. цемента на куб. метръ, обладаетъ извѣстнымъ сопротивленіемъ сжатію и можетъ служить хорошимъ связующимъ матеріаломъ при каменной кладкѣ; однако, если этотъ-же растворъ замѣшать съ мелкой галькой, то получается бетонъ, содержащій не болѣе 60—75 килогр. цемента на куб. метръ. Бетонъ, содержащій около 75 килогр. цемента, не даетъ никакой гарантіи;—онъ не способенъ дать надлежащаго сопротивленія.

Поэтому въ первую голову слѣдуетъ выяснитъ одинъ изъ главнѣйшихъ вопросовъ въ дѣлѣ изученія пропорцій: *каковъ самый низкій предѣлъ составныхъ частей раствора, предназначеннаго служить для изготвленія бетона?*

Рѣшеніе этого вопроса требуетъ знанія многихъ факторовъ:

а) Надо установить наименьшую пропорцію цемента, допускаемую въ дѣлѣ приготовленія бетона.

Опытъ указываетъ, что содержаніе цемента не должно спускаться ниже 100 килогр. на 1 кубич. метръ утрамбованнаго бетона.

б) Надо знать, каковы будутъ пропорціи раствора и каменнovidной составляющей въ бетонѣ. Дѣйствительно, понятно само собой, что съ опредѣленнымъ количествомъ раствора можно смѣшать большее или меньшее количество гальки и такимъ образомъ приготовить бетонъ, содержащій большее или меньшее количество цемента на единицу объема.

На практикѣ эти пропорціи, вообще говоря, колеблются между 2 объемами раствора на 3—5 объемовъ гальки; условно онѣ обозначаются 2:3, 2:4, 2:5.

в) Наконецъ, надо знать выходъ тѣста бетона, т. е. знать окончательный объемъ, который дастъ сумма объемовъ разныхъ матеріаловъ, входящихъ въ составъ смѣси. Такъ:

Пропорція составляющихъ бетона по объему	2 : 3	дастъ около 3,900 объема бетона
" " "	" 2 : 4	" " 4,500 " "
" " "	" 2 : 5	" " 5,100 " "

Если перевести эти объемы на куб. метры, и воспользоваться для фабрикаціи бетона по этой табличкѣ растворомъ, содержащимъ 200 килогр. цемента, то мы получимъ слѣдующее содержаніе цемента на 1 куб. метръ бетона:

Бетонъ состава	2 : 3 . . .	$\frac{400}{3,900}$	килогр. = 102 килогр. (приблизительно)
" "	2 : 4 . . .	$\frac{400}{4,500}$	" = 89 " "
" "	2 : 5 . . .	$\frac{400}{5,100}$	" = 78 " "

Изъ этихъ результатовъ мы выводимъ заключеніе, что для приготовленія бетонныхъ растворовъ не слѣдуетъ спускаться ниже содержанія 200 килогр. цемента на куб. метръ песку, даже въ самомъ благопріятномъ случаѣ, именно, при отношеніи 2 : 3.

Бетонъ состава 2 : 4 требуетъ около 225 килогр. цемента на 1 куб. м. песку.

Бетонъ состава 2 : 5 требуетъ около 250 килогр. цемента на 1 куб. м. песку.

Величины, только что приведенныя, представляютъ круглыя числа; мы ихъ привели только затѣмъ, чтобы показать, что, въ предѣлахъ практическаго примѣненія, самые слабые растворы, предназначенные для приготовленія бетона, не должны содержать цемента меньше, чѣмъ 225 килогр. на куб. метръ песку.

Выше 225 килогр. идетъ цѣлый рядъ чиселъ; однако есть высшій предѣлъ, дальше котораго содержаніе цемента идти не можетъ. Этотъ высшій предѣлъ для бетоновъ, наиболѣе богатыхъ растворомъ, отвѣчаетъ содержанію 500 килогр. цемента на 1 куб. м. монолита.

Изъ сказаннаго видно, что для полнаго ознакомленія съ вопросомъ составленія бетонныхъ растворовъ, надо знать данныя, касающіяся выхода бетоннаго тѣста.

Этотъ вопросъ мы снова затронемъ въ главѣ VI.

Общій обзоръ теоретическихъ пропорцій; ихъ полезное значеніе. Слѣдуетъ разсмотрѣть пропорціи составныхъ частей растворовъ еще съ другой точки зрѣнія, которая хотя и является чисто теоретической, однако часто даетъ возможность дать себѣ отчетъ относительно всѣхъ обстоятельствъ, касающихся растворовъ и бетоновъ.

Можетъ представиться случай, что инженеру придется, пользуясь новыми матеріалами, составить растворъ, обладающій извѣстными свойствами сопротивленія; можетъ статься, что ему придется сравнивать качества растворовъ, изготовленныхъ при участіи матеріаловъ разнаго рода; наконецъ, ему можетъ явиться необходимость установить стоимость такихъ растворовъ и бетоновъ.

Съ перваго взгляда, задача представляется элементарной; по-видимому, достаточно смѣшать опредѣленное количество песку съ извѣстнымъ количествомъ цемента, затворить эту смѣсь и изучить затѣмъ свойства полученнаго раствора.

Однако эта операція вовсе не такъ проста; она необходимо должна сопровождаться извѣстнаго рода предосторожностями, заключающимися въ специальномъ измѣреніи матеріаловъ. Дѣйствительно, одинъ разъ полученный растворъ, долженъ затѣмъ уже

получаться простымъ математическимъ расчетомъ; подобный порядокъ будетъ невозможенъ, если мы станемъ измѣрять составляющія раствора какъ нибудь.

Измѣреніе цемента. Такъ какъ цементъ подверженъ значительному уплотненію, то его слѣдуетъ измѣрять не по объему, а по вѣсу.

Положимъ, растворъ содержитъ 5 литровъ песку и 1 литръ цемента; этотъ растворъ подвергаютъ испытанію и находятъ, что онъ обладаетъ удовлетворительнымъ сопротивленіемъ для данныхъ работъ. Возможно ли будетъ дальше продолжать подобнымъ же образомъ приготавливать растворъ и гарантировать его качества? Конечно нѣтъ, потому что его составъ вовсе не опредѣленъ. Пользуясь литромъ цемента, мы, быть можетъ, ввели въ растворъ 1 килогр., или 1,10 килогр., или 1,20 килогр. цемента, смотря по степени уплотненія матеріала. Поэтому то, необходимо измѣрять цементъ по вѣсу.

Измѣреніе песка. 1° Песокъ также подверженъ уплотненію.

Возвращаясь къ предыдущему примѣру, положимъ, что цементъ взятъ по вѣсу, а песокъ по объему — въ литрахъ; и въ этомъ случаѣ, однако, растворъ не будетъ вполне опредѣленъ, такъ какъ литръ песка будетъ содержать, смотря по степени уплотненія, большее или меньшее количество частицъ его. Чтобы всегда получать одинъ и тотъ же растворъ, надо брать одинаковое количество песку; это достигается взвѣшиваніемъ песка.

2° Операция взвѣшиванія песка усложняется степенью его влажности.

Если мы взвѣшиваемъ 1 килогр. сухого песку, то мы увѣрены, что вѣсъ 1 килогр. есть въ тоже время и вѣсъ самого матеріала, но если взвѣшивается 1 килогр. влажного песку, то мы вовсе не имѣемъ дѣла съ килограммомъ матеріала, такъ какъ влажность входитъ слагаемымъ въ этотъ вѣсъ одного килограмма, занимая мѣсто извѣстной части песка. При такихъ условіяхъ возможно, что самого песка останется не болѣе 900 граммовъ; значитъ въ результаты взвѣшиванія вкрадется ошибка. При работахъ песокъ никогда не бываетъ сухимъ; чтобы не упустить изъ виду это обстоятельство, пропорція песка регулируется тѣмъ, что оперируютъ съ пескомъ, обладающимъ извѣстной степенью влажности.

3° Когда дѣло идетъ о пескѣ, указаніе на вѣсъ не является еще достаточнымъ; практика ставитъ условіемъ, чтобы еще быть указанъ и объемъ: песокъ долженъ быть взвѣшенъ, однако при опредѣленномъ объемѣ.

Послѣдняя предосторожность неизбежна при сравнительныхъ испытаніяхъ надъ растворами, изготовленными при участіи песковъ различнаго происхожденія.

Дѣйствительно, пусть, напимѣрь, взять 1 килогр. одного песку, занимающій объемъ, положимъ, около $\frac{8}{10}$ литра; если мы возьмемъ 1 килогр. другого песку съ бѣльшимъ удѣльнымъ вѣсомъ, то 1 килогр. этого послѣдняго, можетъ быть, дастъ не больше $\frac{7}{10}$ литра.

Два такихъ раствора съ одинаковымъ содержаніемъ по вѣсу цемента и песку невозможно сравнивать другъ съ другомъ, такъ какъ первый песокъ придаетъ раствору бѣльшій объемъ, чѣмъ второй. Такъ что въ первомъ случаѣ на единицу объема приготовленнаго раствора у насъ придется цемента меньше, чѣмъ во второмъ случаѣ.

Слѣдуетъ замѣтить, что при сравнительныхъ испытаніяхъ песокъ измѣряется *всегда въ сухомъ видѣ*.

4° Стараются создать условія по возможности одинаковыя, измѣряя объемъ разъ на всегда установленнымъ способомъ. Песокъ вымѣряется помощью осторожнаго его всыпанія безъ уплотненія въ опредѣленную мѣру емкости.

Примѣчаніе. Выполняя предыдущія требованія, мы получимъ пропорцію песка, которая является уклоняющейся отъ данныхъ практики, такъ какъ на дѣлѣ взвѣшиваніе песку вовсе не сопровождается такими тщательными предосторожностями. Но это, повидимому, основательное замѣчаніе теряетъ свою силу, если дать себѣ трудъ исправить лабораторные результаты для приведенія ихъ въ согласіе съ требованіями практики.

Дѣйствительно, при составленіи раствора, дозированнаго изъ 350 грамм. цемента на литръ не уплотненнаго песку, вѣсомъ въ 1,250 килогр., достаточно сравнить этотъ послѣдній вѣсъ съ вѣсомъ гектолитра того же самаго песка, имѣющаго почти тотъ же составъ и ту же степень уплотненія, какъ и на мѣстѣ работъ.

Пусть, напимѣрь, вѣсъ гектолитра песку на мѣстѣ работъ будетъ 150 килогр. Тогда имѣемъ:

$$\begin{aligned} 1.250 : 350 &= 1.500 : x \\ x &= 420 \end{aligned}$$

Итакъ растворъ, приготовленный на мѣстѣ работъ, долженъ содержать 420 килогр. цемента на куб. метръ песку.

Измѣреніе воды. Точно также въ лабораторіяхъ взвѣшиваютъ воду, употребляемую для ватворенія; количество послѣдней измѣняется, смотря по содержанію въ растворѣ цемента и природѣ песка; оно не можетъ быть подчинено никакому математическому закону.

Вышеизложенные вопросы получаютъ громадный интересъ, когда они переносятся въ практику; съ этой стороны мы разсмотримъ ихъ еще въ X главѣ.

Исслѣдованіе надъ непроницаемостью. Иногда строителю приходится разрѣшить слѣдующую важную задачу: имѣя въ своемъ распоряженіи данные матеріалы, нужно приготовить непроницаемый растворъ. Въ такихъ случаяхъ ему необходимо опредѣлить минимальную пропорцію составныхъ частей раствора, отвѣчающую требованіямъ компактности, чтобы не затрачивать бесполезно излишка цемента *).

Непроницаемость будетъ достигнута, если при помощи цемента, обращеннаго въ тѣсто, удастся заполнить всю пустоту песка.

Необходимо поэтому знать:

1°. Объемъ пустотъ песка,

2°. Выходъ цементнаго тѣста.

1°. *Пустоты песка.* Расчетъ производится надъ неуплотненнымъ пескомъ; объемъ пустотъ опредѣляется количествомъ воды, поглощенной однимъ литромъ песку.

Пусть имѣется песокъ, содержащій 40% пустотъ; кубическій метръ такого песку потребуетъ, чтобы сдѣлаться непроницаемымъ по крайней мѣрѣ 0,400 куб. метровъ тѣста.

2°. *Выходъ цементнаго тѣста* обусловливается тремя факторами:

a.—удѣльнымъ вѣсомъ цемента;

b.—количествомъ воды, участвующей въ образованіи тѣста;

c.—количествомъ воды для замѣшиванія.

A.—По удѣльному вѣсу выводятъ истинный объемъ, занимаемый данныхъ вѣсовымъ количествомъ цемента.

Напр. для портландскаго цемента, удѣльный вѣсъ котораго 3,10,—1000 килограмовъ займутъ объемъ:

$$\frac{1000}{3,10} = 323 \text{ литра.}$$

Для шлаковаго цемента—1000 килогр. займутъ объемъ:

$$\frac{1000}{2,80} = 356 \text{ литровъ.}$$

B.—Этотъ объемъ 323 литра, когда идетъ дѣло о портландскомъ цементѣ, получаетъ приращеніе отъ количества воды, прибавляемой для полученія тѣста.

*) Рѣшеніе этого вопроса можно найти въ замѣчательной книжкѣ L. Candlot (Ciments et chaux hydrauliques); также въ статьяхъ М. Кюнена, опубликованныхъ въ 1881 г. въ „Annales de la Construction“.

Опытъ показываетъ, что 1000 килогр. цемента требуютъ 250 литровъ воды; эта вода остается химически связанной. Поэтому 1000 килогр. цемента въ тѣстообразномъ видѣ даетъ объемъ:

$$323 + 250 = 573 \text{ литра.}$$

С. — Третій факторъ, — количество воды, потребляемой для замѣшиванія раствора, къ сожалѣнiю трудно исполнѣ установить. Оно измѣняется сообразно съ природой песка и содержанiемъ въ растворѣ цемента *).

Въ частномъ случаѣ, который мы разбираемъ, растворъ очевидно будетъ жирный (богатый цементомъ), такъ какъ этотъ растворъ предназначенъ быть непроницаемымъ. Кромѣ того въ этомъ случаѣ предпочитаютъ примѣнять крупные пески, наиболѣе пригодные для бетонныхъ сооружений.

Въ жирныхъ смѣсяхъ (богатыхъ цементомъ) крупные пески замѣшиваются съ количествомъ воды, равнымъ по вѣсу почти 25% вѣсового количества цемента. Мелкіе пески требуютъ больше воды.

Отсюда 1000 килогр. цемента въ концѣ концовъ дадутъ объемъ:

$$323 + 250 + 25\% \text{ отъ } 1000 = 823 \text{ литра.}$$

Закончимъ этотъ примѣръ указанiемъ на то, что 1000 килогр. цемента обыкновенно даютъ только 0,800 куб. метровъ тѣста, а не 0,823. Для заполнения пустотъ 1 куб. м. песка требуется, какъ мы положили, 0,400 куб. м. тѣста. Такъ какъ 1000 килогр. цемента даютъ 0,800 куб. метровъ тѣста, то 0,400 куб. метровъ этого послѣдняго будутъ отвѣчать вѣсу:

$$\frac{0,400}{0,800} \cdot 1000 = 500 \text{ килогр. цемента.}$$

Введя это количество цемента, мы, такимъ образомъ, теоретически получаемъ непроницаемый растворъ, тѣмъ въ большей степени обладающій этимъ свойствомъ, если опредѣленіе объема пустотъ было произведено надъ не уплотненнымъ пескомъ.

Однако не слѣдуетъ думать, что мы можемъ достигнуть полной непроницаемости: на дѣлѣ песокъ постоянно содержитъ въ себѣ пузырьки воздуха; кромѣ того, вода, потребная для затворенія, въ концѣ концовъ должна уйти изъ раствора, оставляя послѣ себя пустоты; наконецъ, въ самомъ цементѣ попадаютъ инертныя частицы, играющія роль зеренъ песка. Но, какъ извѣстно, цементные растворы обладаютъ свойствомъ затягиваться. Во всякомъ

*) У М. Feret есть специальный этюдъ, посвященный этому вопросу; см. «Annales des Ponts et Chaussées de France» за июль 1892 г.

случаѣ, при работахъ подѣ водой и особенно на морѣ слѣдуетъ увеличивать пропорцію цемента, чтобы избѣжать дѣйствія размыва.

Предыдущее вычисленіе, всецѣло основанное на теоретическихъ данныхъ, имѣетъ то значеніе, что оно показываетъ, что выше извѣстныхъ предѣловъ введеніе въ растворъ избытка цемента бесполезно по отношенію къ непроницаемости.

Поэтому большой избытокъ цемента есть недостатокъ, который тѣмъ не менѣе часто встрѣчается на практикѣ.

Выходъ тѣста раствора. Когда пропорціи составныхъ частей раствора уже опредѣлены, то было бы возможно теоретическимъ путемъ, аналогичнымъ вышеизложенному, вычислить объемъ продукта, получающагося отъ смѣшенія.

Однако въ силу существеннаго различія между условіями приготовленія раствора на мѣстѣ работъ и въ лабораторіи, это вычисленіе не поддается никакимъ уравниваніямъ: тутъ играютъ роль разныя вліянія, обусловливаемые практикой. Выходъ тѣста измѣняется вмѣстѣ съ пустотами песка; а эти послѣднія для одного и того же матеріала измѣняются вмѣстѣ со степенью уплотненія.

Количество воды для затворенія также вліяетъ на конечный результатъ; точно также дѣйствуетъ и количество содержащагося въ растворѣ цемента.

Кромѣ того оказываетъ вліяніе консистенція продукта при примѣненіи его въ дѣло, которая обусловливается степенью его утрамбовки.

Быстрота приготовленія раствора также должна быть принята въ расчетъ, такъ какъ растворъ, долгое время замѣшиваемый, обнаруживаетъ склонность уменьшаться въ объемѣ. Особенно это относится къ цементнымъ растворамъ. „Итакъ, говоритъ Дюранъ Клэ, тѣсто, приготовленное изъ портландскаго цемента, не такъ жирно и клейко, какъ известковое. Также, не могутъ ли во время приготовленія раствора частицы песка перемѣщаться и двигаться въ тѣстѣ цемента, какъ это происходитъ въ чистой водѣ. Въ результатъ получается замѣтное уменьшеніе объема песка и часто надо взять этого послѣдняго гораздо болѣе одного куб. метра, чтобы получить одинъ куб. метръ раствора.“

Принимая во вниманіе эти соображенія, на практикѣ приходится прибѣгать къ прямымъ опытамъ. Какъ общее данное, если нѣтъ возможности произвести опытные изслѣдованія, можно принять, что 1 куб. метръ песка *въ томъ видѣ, какимъ его употребляютъ на мѣстѣ работъ*, даетъ 1 куб. метръ утрамбованнаго раствора, содержащаго около 500 килогр. цемента или около 400 килогр. извести.

При меньшемъ содержаніи цемента въ растворѣ (утрамбован-

номъ), 1 куб. метръ первоначальнаго песка способенъ принять уменьшеніе объема, простирающееся отъ 5% до 8%.

При содержаніи цемента выше этого предѣла, выходъ тѣста увеличивается пропорціонально содержанію въ немъ цемента.

§ 4.

Известково-цементные растворы.

Общія замѣчанія. Нѣкоторые строители повидимому не знаютъ, или не хотятъ признавать свойствъ цемента и извести въ сочетаніи ихъ другъ съ другомъ; поэтому слѣдуетъ обратить вниманіе инженеровъ на выгодныя свойства такихъ экономичныхъ смѣсей.

Смѣшанные растворы часто подвергались критикѣ; долгое время ссылались на мнѣніе Вика, утверждавшаго на основаніи нѣкоторыхъ опытовъ, что цементъ въ смѣси съ известью играетъ вредную роль. Вика замѣтилъ, что въ такой смѣси цементъ схватывался раньше отвердѣнія всей массы. Наблюденіе Вика было справедливо; но не надо упускать изъ виду, что это наблюденіе относилось къ римскому (романскому) цементу, а не къ цементу съ медленнымъ схватываніемъ (портландскому), который въ то время еще не былъ извѣстенъ.

Съ тѣхъ поръ практика пошла далеко впередъ; и чтобы привести нѣкоторые примѣры далеко не новые, вспомнимъ работы по сооруженію желѣзной дороги на сѣверѣ Испаніи; онѣ были произведены помощью смѣси жирной извести съ цементомъ: къ одной части извести прибавляли $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{5}$ часть цемента. При устройствѣ виадука въ Курсонѣ прибавляли къ известковому раствору $\frac{1}{10}$ объема портландскаго цемента. При сооруженіи виадука въ Орсе прибавили къ бетону, служившему для фундамента, и приготовленному на известковомъ растворѣ, 50 килогр. портландскаго цемента на 1 куб. метръ бетоннаго раствора.

Нынѣ смѣшанные известково-цементные растворы начинаютъ получать гораздо болѣе широкія примѣненія.

Способы составленія смѣшанныхъ растворовъ. Есть два способа:

А. Въ растворъ входитъ болѣшая часть цемента;

В. Въ растворъ входитъ лишь незначительное количество цемента.

А. Въ Германіи держатся преимущественно перваго способа; подобные растворы тамъ идутъ на изготовленіе бетоновъ для фортификаціонныхъ работъ, обладающихъ, какъ нѣмцы утверждаютъ, такимъ же хорошимъ сопротивленіемъ дѣйствию разрушительныхъ снарядовъ, какъ и обыкновенные бетоны на цементѣ. Эти рас-

творы содержать на 1 куб. метръ песка около 220 килогр. цемента и 90 килогр. извести.

Четыре года тому назадъ берлинское общество гражданскихъ инженеровъ, занимавшееся вопросомъ смѣшанныхъ растворовъ, опубликовало различные результаты, образцомъ которыхъ можетъ служить слѣдующая табличка:

ПРОПОРЦІИ.	СОПРОТИВЛЕНІЯ РАЗРЫВУ.			
	1 мѣсяцъ	6 мѣсяц.	1 годъ.	2 года.
	Килогр.	Килогр.	Килогр.	Килогр.
1 куб. метръ песку + 430 килогр. цемента	20.5	37.2	43.9	51.9
1 куб. метръ песку + 220 килогр. цемента + 90 килогр. извести	12.1	27.4	35.4	43.8

Разница между величинами сопротивленій стремится съ возрастомъ раствора уменьшаться; если къ концу перваго мѣсяца она составляетъ 70%, то по прошествіи 2 лѣтъ она уже не болѣе 20%. Неизвѣстно, быть можетъ съ теченіемъ времени эта разница обращается въ нуль.

В. Во Франціи поступаютъ обратно; вводятъ лишь незначительное количество цемента, прибавляя его къ извести, чтобы увеличить гидравличность раствора.

М. Куанье признаетъ за этимъ способомъ большія достоинства: большая часть его растворовъ, дѣйствительно отвѣчаетъ такой формулѣ:

1 куб. метръ песку + 125 до 150 килогр. извести + 50 до 60 килогр. цемента.

Преимущества. Цементъ возбуждаетъ схватываніе и усиливаетъ сопротивленіе известковыхъ растворовъ. Въ растворахъ, богатыхъ цементомъ, часть цемента можетъ быть замѣщена известью.

Цементъ позволяетъ пользоваться жирной известью съ такимъ же успѣхомъ, какъ и гидравлической известью.

Цементные растворы сами по себѣ жестки, съ ними трудно работать; легкая же прибавка известковаго молока сообщаетъ такимъ растворамъ пластичность.

Присутствіе извести уменьшаетъ проницаемость раствора, бѣднаго цементомъ.

Въ Англіи считаются непроницаемыми растворы, отвѣчающіе составу: 1 часть цемента, 2—гашеной извести и 6—песка. Также рекомендуется другая пропорція: 1 часть цемента, $\frac{1}{4}$ —гашеной извести и $2\frac{1}{2}$ —песка.

Приготовление раствора. Приготовление смѣшаннаго раствора можно производить различными способами. Приготавливаютъ обыкновеннымъ способомъ растворъ извести и передъ самымъ употребленіемъ раствора въ дѣло прибавляютъ туда цементъ, замѣшивая, однако, всю массу заново.

Цементъ можно также прибавлять въ известковое тѣсто; полученная смѣсь затѣмъ замѣшивается съ пескомъ.

Наконецъ, можно сначала въ сухомъ видѣ смѣшать песокъ съ цементомъ, или даже цементъ съ известью, если послѣдняя въ порошокъ, и затѣмъ продѣлать обычныя операціи.

Таблица. Въ слѣдующей таблицѣ, составленной обществомъ берлинскихъ инженеровъ, читатель найдетъ главнѣйшія пропорціи смѣшанныхъ растворовъ; промежуточные составы легко комбинировать самому.

ОБЩЕСТВО БЕРЛИНСКИХЪ ИНЖЕНЕРОВЪ.

О Б Ъ Е М Ы.			Сопротивленія въ килограммахъ на 1 кв. сантиметръ по прошествіи 28 дней.			
Цементъ.	Гашеная известь.	Песокъ.	ВЪ ВОДѢ.		НА ВОЗДУХѢ.	
			Растяженіе.	Сжатіе.	Растяженіе.	Сжатіе.
			Килогр.	Килогр.	Килогр.	Килогр.
1	$\frac{1}{4}$	5	18	160	31	294
1	$\frac{1}{2}$	6	17	152	24	226
1	$\frac{3}{4}$	5	11	97	17	154
1	1	10	9	67	11	94

Вывѣтрившіеся цементы. Вывѣтрившіеся цементы, затворенные отдѣльно, не даютъ схватыванія, но за то обладаютъ свойствомъ играть роль пуццоланы и сообщать жирной извести гидравличность. Слѣдуетъ замѣтить, что цементы съ большей энергіей усиливаютъ гидравличность, когда они подверглись уже дѣйствію воздуха, чѣмъ въ свѣжемъ состояніи.

Схватываніе такихъ смѣсей не идетъ особенно быстро; сравнительно съ большей или меньшей скоростью схватыванія, которую желательно получить, прибавляютъ на 100 частей цемента отъ 15 до 35 частей негашеной извести.

ГЛАВА V

Бетонь.

§ 1.

Вліяніе камневидной составляющей (балласта, остова) бетона.

Классификація. Бетонъ готовится изъ тѣснаго мѣсива каменныхъ матеріаловъ (балласта), составляющихъ какъ бы остова его, съ переменною пропорціей раствора.

Если количество раствора достаточно, чтобы заполнить всѣ пустоты, заключающіяся между элементами балласта, то получается бетонъ называемый *жирнымъ*. Мы замѣнимъ это послѣднее названіе словомъ: *плотный* или *компактный*. Если пустоты балласта только частью заполнены растворомъ, то получается бетонъ, называемый *тощимъ*. Мы дадимъ такому бетону квалификацію *пористый*.

Прилагательныя *жирный* и *тощий* должны скорѣе служить для характеристики растворовъ, такъ какъ дѣйствительно растворъ, смотря по большому или меньшему содержанію въ немъ цемента, называется *жирнымъ* или *тощимъ*.

Наша классификація болѣе точно опредѣляетъ природу бетона, такъ какъ она избѣгаетъ повторенія однихъ и тѣхъ же терминовъ, которые относились бы какъ къ самому бетону, такъ и къ составляющей его—раствору. Читателю, напримѣръ, гораздо легче схватить точный смыслъ терминовъ *плотный бетонъ* при *жирномъ* растворѣ, чѣмъ при употребленіи терминовъ *жирный бетонъ* при *жирномъ* растворѣ.

Вліяніе твердости. Нѣкоторые строители утверждаютъ, не приводя доказательствъ, будто твердость балласта не вліяетъ на качества бетона.

Это заключеніе, не всегда справедливое, вѣроятно опирается на слѣдующее основаніе.

Если мы подвергнемъ образчикъ бетона сжатію (именно той силѣ, которая по большей части и имѣетъ мѣсто въ каменныхъ постройкахъ), то мы увидимъ, что онъ начнетъ разрушаться какъ разъ въ мѣстахъ соединенія камней съ растворомъ.

Такимъ образомъ крѣпость монолита, повидимому, совершенно

независима отъ дѣйствительнаго сопротивленія той и другой составляющей, взятой отдѣльно. Однако, подвергая этотъ вопросъ критическому анализу, мы замѣчаемъ, что разъединенію поверхностей соприкосновенія этихъ составляющихъ неизбѣжно предшествуетъ нѣкоторое движеніе, или, лучше сказать, извѣстнаго рода внутренняя деформація, будь то при разрушеніи балласта, или при разрывѣ въ массѣ самаго раствора.

И потому оба эти фактора вмѣстѣ,—сопротивленіе раствора и сопротивленіе балласта, конечно, оказываютъ вліяніе на свойства бетона.

Однако, ихъ роли могутъ ли быть иногда независимы другъ отъ друга?

На основаніи теоріи мы склонны думать, что могутъ. Чтобы доказать это и вмѣстѣ съ тѣмъ показать, насколько важно принимать въ соображеніе крѣпость камней, мы приводимъ слѣдующія замѣчанія:

1°. Разсматривая пористый бетонъ, мы видимъ, что составляющіе его валуны находятся въ прямомъ соприкосновеніи другъ съ другомъ безъ замѣтнаго промежуточнаго между ними слоя раствора; въ такомъ случаѣ валуны оказываютъ реакцію, зависящую отъ величины ихъ собственнаго сопротивленія.

При такихъ обстоятельствахъ присутствіе непрочныхъ матеріаловъ влечетъ за собой разрушеніе самого балласта, раньше чѣмъ нарушена будетъ связь въ мѣстахъ соединенія обѣихъ составляющихъ бетона (въ швахъ). Слѣдовательно, благоразумнѣе вводить въ составъ пористыхъ бетоновъ крѣпкіе камни. Прибавимъ, что изготовленіе пористыхъ бетоновъ практикуется только въ одной Англіи; далѣе мы еще разъ вернемся къ этому вопросу.

2°. Въ плотномъ бетонѣ, выше объясненное неудобство не только уменьшено, но почти доведено до нуля: камни, окруженные массой раствора, даютъ сопротивленія болѣе равномерныя по всѣмъ направленіямъ, и опасность пустотъ исчезаетъ; балластъ выносить сопротивление уже не одинъ.

Кромѣ того, валуны, погруженные въ растворъ, находятся въ тѣхъ же самыхъ условіяхъ сопротивленія, какъ и подвергаемые испытаніямъ пробные бруски; послѣдніе при испытаніи зажимаются со всѣхъ сторонъ. При такихъ условіяхъ испытанія, эти образчики способны выдерживать усиліе, превосходящее на 25%—30% коэффициентъ ихъ сопротивленія. Растворъ, окружающій валуны, играетъ роль тисковъ сжимающихъ пробный брусокъ со всѣхъ сторонъ; растворъ въ этомъ случаѣ оказываетъ дѣйствіе, аналогичное набивкѣ обручей, мѣшающихъ поперечному раздаванію въ стороны. Эта теорія можетъ выяснитъ видимую аномалію, наблюдаемую на нѣкоторыхъ бетонахъ и состоящую въ томъ, что сопротивление сжатію ихъ больше, чѣмъ то же сопротивление для

ихъ камневидной составляющей: таковы плотные монолиты изъ кирпичнаго щебня.

Другое объясненіе основывается на предположеніи, что камни бетона находятся защищенными въ растворѣ, какъ если бы они покоились подъ безконечнымъ числомъ маленькихъ сводиковъ, образованныхъ самимъ же растворомъ.

Какъ бы то ни было, но при такомъ предположеніи выходить, что балласть бетона лишень всякаго вліянія и сопротивленіе монолита зависитъ только отъ качествъ раствора; такъ что было бы безразлично при этомъ примѣнять для бетонныхъ работъ камни даже сомнительнаго качества.

Однако не слѣдуетъ дѣлать такого заключенія; въ этомъ случаѣ полезно, во-первыхъ, допустить возможность плохого перемѣшиванія, вслѣдствіе чего нѣкоторые камни будутъ непосредственно соприкасаться другъ съ другомъ, а во-вторыхъ поставить себѣ на видъ слѣдующее:

3°. Слѣдуетъ предпочитать примѣненіе крѣпкихъ камней, чтобы получить сопротивленія болѣе значительныя, чѣмъ можетъ дать самъ растворъ.

Буденъ замѣчаетъ, что растворы могутъ приобрѣсти почти безконечно большое сопротивленіе, если они затвердѣваютъ подъ давленіемъ постояннымъ и продолжительнымъ. И потому, если растворъ поставленъ въ условія, заставляющія его выдерживать значительную нагрузку, что и имѣетъ мѣсто на практикѣ, гдѣ въ большинствѣ случаевъ онъ долженъ подвергнуться сильному сжатію въ массивѣ, то важно, чтобы и камневидная составляющая обладала съ своей стороны также большимъ сопротивленіемъ. Массивъ при этомъ будетъ оказывать равномерное сопротивленіе нагрузкѣ и потому нечего будетъ бояться мѣстныхъ осѣданій въ монолитѣ, которыя вѣдь и вызываютъ силы, нарушающія сцепленіе.

Итакъ, изъ всего сказаннаго выше вытекаетъ, что растворъ составляетъ и долженъ, очевидно, составлять въ бетонахъ главный факторъ въ дѣлѣ сопротивленія сжатію. Балласть же, хотя и играетъ сравнительно съ нимъ гораздо меньшую роль, однако и онъ, въ извѣстныхъ предѣлахъ, способствуетъ осуществленію благоприятныхъ результатовъ; по этому поводу умѣстно замѣтить, что при работахъ по фортификаціи всегда предпочитаютъ примѣнять крѣпкіе камни. Въ этомъ случаѣ бетонъ долженъ сопротивляться ударамъ артиллерійскихъ снарядовъ, ударамъ, которые по производимымъ эффектамъ достаточно сложны, однако, по характеру имѣютъ много аналогичнаго съ явленіями раздавливанія.

Бетонные массивы не всегда подвергаются сжатію; иногда имъ приходится сопротивляться растяженію, въ нѣкоторыхъ же случаяхъ даже скалыванію. Однако современные данныя не позволяютъ еще освѣтить этотъ вопросъ въ должной степени и опре-

дѣлать при этихъ послѣднихъ условіяхъ вліяніе твердости (крѣпости) балласта. Полагають, что твердые матеріалы доставятъ и въ этихъ случаяхъ извѣстнаго рода преимущества и на томъ основаніи, что, вообще говоря, силы разнаго рода обыкновенно дѣйствуютъ въ связи съ силами сжатія.

Какъ бы то ни было, но чтобы разрѣшить этотъ вопросъ, какъ и много другихъ возникающихъ на каждомъ шагѣ въ теоріи бетоновъ, слѣдовало бы произвести рядъ раціональных и систематическихъ опытовъ. Эти опыты, дающіе возможность изучить роль каждаго входящаго элемента, надлежитъ производить надъ обыкновенными образцами и продолжать ихъ надъ тѣми же бетонами, которые затвердѣли, испытывая начальныя давленія.

Къ сожалѣнію, результаты такихъ опытовъ, какъ мы въ этомъ вполнѣдствіи не разъ убѣдимся, почти всегда неудовлетворительны.

Вліяніе природы балласта. Камневидная составляющая оказываетъ на качества бетона вліяніе, которое мы должны разсматривать, принимая во вниманіе химическія и физическія свойства камней.

Камни, дающіе трещины отъ мороза, должны быть исключены изъ частей построекъ, подверженныхъ перемѣнамъ погоды.

При морскихъ работахъ слѣдуетъ тщательно избѣгать камней, способныхъ подвергаться химическимъ реакціямъ отъ дѣйствія воды или проявляющихъ свойства проницаемости; слѣдуетъ также избѣгать камней, которые могутъ быть испорчены сверлящими моллюсками.

Иногда отъ бетона требуется, чтобы онъ былъ огнестойкимъ; тогда для камневидной составляющей его рекомендуются кварциты, песчаники, граниты, наконецъ, кремнистые камни.

Камни, впитывающіе въ себя воду, требуютъ особаго обращенія съ ними во время замѣшиванія: ихъ слѣдуетъ предварительно пропитать влажностью, чтобы избѣгать поглощенія ими той воды, которая служить для фабрикаціи раствора.

Камни слѣдуетъ мыть и чистить, такъ какъ встрѣчающіяся вмѣстѣ съ ними глинистыя частицы оказываютъ очень вредное дѣйствіе: влажность, содержащаяся въ глинѣ, разрушаетъ монолитъ подѣ дѣйствіемъ морозовъ; кромѣ того, глинистыя частицы уменьшаютъ связность раствора.

Особенно слѣдуетъ избѣгать присутствія органическихъ веществъ, такъ какъ они совсѣмъ не даютъ связи съ растворомъ. На этомъ основаніи вода, содержащая отбросы отъ какого либо промышленнаго производства, не годится для фабрикаціи раствора.

Вліяніе плотности. Плотность камневидной составляющей имѣетъ только относительное значеніе.

Принципіально, предпочитаютъ болѣе легкіе матеріалы, такъ какъ примѣненіе ихъ сообщаетъ менѣе значительный вѣсъ массивамъ: стѣнамъ, сводамъ и т. д.

Шлаки и коксъ даютъ бетоны, легковѣсность которыхъ очень цѣнится въ конструкціи половъ. Кромѣ того, монолитъ, изготовленный изъ этихъ пористыхъ матеріаловъ, свободно позволяетъ вгонять въ него гвозди и дѣлать въ немъ различныя гнѣзда.

Когда для образованія массива фундамента приходится выливать бетонъ подъ водой, то въ этомъ случаѣ хорошо также прибѣгнуть къ матеріаламъ легкаго вѣса, такъ какъ въ продолженіе этой операціи въ бетонъ является стремленіе къ размыванію, обусловливаемое разностью плотностей раствора и камней. Послѣдніе отдѣляются отъ общей массы раствора, ранѣе опускаясь на дно; явленіе это тѣмъ интенсивнѣе, чѣмъ тяжелѣе камни.

Съ экономической точки зрѣнія также, вообще говоря, выгоднѣе пользоваться камневидной составляющей мѣньшаго удѣльнаго вѣса.

Дѣйствительно, издержки по перевозкѣ, которыя всегда относятся къ вѣсу, а не къ объему камня, превышаютъ въ большинствѣ случаевъ цѣну закупки этого послѣдняго.

Когда устойчивость сооруженія зависитъ отъ вѣса самого массива, тогда слѣдуетъ избрать матеріалы наиболѣе тяжелые. Это требуется, напримѣръ, для подпорныхъ стѣнъ, мостовыхъ устоевъ, наконецъ, для всѣхъ работъ, гдѣ вѣсъ входитъ, какъ главный факторъ, въ уравненія равновѣсія.

Это замѣчаніе постоянно сохраняетъ силу для морскихъ работъ при изготовленіи искусственныхъ каменныхъ массъ въ цѣляхъ обороны отъ моря; при томъ же объемъ эти массы будутъ оказывать сопротивленіе тѣмъ большее, чѣмъ онѣ будутъ тяжелѣе. Это сопротивленіе растетъ гораздо быстрѣе плотности; вычисленіе показываетъ, что увеличенію вѣса приблизительно на 50% соответствуетъ приростъ устойчивости на 100%.

Вліяніе величины камней. Подрядными условіями предписывается опредѣленный объемъ кусковъ для камневидной составляющей бетона: требуется, чтобы куски, обладающіе приблизительно кубической или сферической формой, проходили во всякомъ положеніи черезъ кольцо съ опредѣленнымъ діаметромъ, и запрещается брать маленькіе куски, проходящіе черезъ другое кольцо съ другимъ опредѣленнымъ діаметромъ.

На практикѣ примѣняются петли или кольца съ діаметромъ 0,02м. и 0,06м.

Рациональны-ли эти предѣлы?

Условіе, касательно размѣровъ меньшихъ 0,02м., не вызываетъ

никакой критики, такъ какъ пользовались и вводили съ успѣхомъ въ растворы матеріалы болѣе мелкихъ размѣровъ. Что же касается до размѣровъ болѣе большихъ, чѣмъ 0,06м., то тутъ можетъ возникнуть возраженіе, хотя бы вмѣстѣ съ такими крупными матеріалами и были употреблены мелкіе. Дюранъ Клэ, напримѣръ, утверждаетъ, — правда ничѣмъ не подкрѣпляя своего мнѣнія, — что „мелко раздробленные камни предпочтительнѣе, и что слѣдуетъ исключать тѣ ихъ нѣхъ, которые имѣютъ размѣры болѣе чѣмъ 0,04м.—0,05м.“.

Мнѣніе Дюранъ Клэ правильно въ томъ случаѣ, когда идетъ дѣло о специальныхъ работахъ, требующихъ слоя бетона небольшой толщины, какъ-то: выстилка лежады, бетонныя трубы, и т. д.; но лишь только толщина массива превзойдетъ 0,25м., тогда можно безъ всякаго ущерба примѣнять камни величиною въ 0,07м.—0,08м.

Въ фундаменты вводятъ даже куски болѣе объемистые, достигающіе 0,10м. и болѣе.

Въ Англіи стѣны толщиной въ 0,22м. возводятся изъ бетона съ галькой размѣрами отъ 0,02м. до 0,03м.; когда же толщина этихъ стѣнъ превышаетъ 0,44м., то размѣры камней достигаютъ до 0,08м.

Въ Германіи и Австріи экономятъ растворъ, вводя для этой цѣли въ массу бетона или отдѣльныя глыбы, или цѣлые слои изъ бутового камня.

Можно привести много примѣровъ, противорѣчащихъ утверженію Дюранъ Клэ.

Однако, слѣдуетъ замѣтить, что примѣненіе камней большихъ размѣровъ должно быть подчинено присутствію матеріаловъ болѣе мелкихъ, измѣняющихъ свою величину отъ 0,02м. до 0,08м.; послѣдніе и ложатся въ образующіяся пустоты. Такъ, было очень плохимъ практическимъ приѣмомъ изготовлять бетонъ изъ валуновъ, имѣющихъ исключительно размѣръ 0,08м.

Размѣры, простирающіеся до 0,10м., еще допустимы; выше этого предѣла камни на дѣлѣ не повліяли бы дурно на качества монолита въ большихъ массивахъ, но въ силу того, что нѣкоторыя манипуляціи, какъ то: нагрузка камней, предварительное замѣшивание на площадкѣ бетоньерки производится лопатой, примѣненіе такихъ матеріаловъ было бы не практично. Рабочій, съ крупными камнями, встрѣтитъ значительно больше трудностей по приготовленію смѣсей; кромѣ того, аппараты, особенно тѣ, которые готовятъ бетонъ отъ начала до конца, т. е. безъ предварительнаго приготовления раствора, слишкомъ страдали бы отъ изнашивания, связаннаго съ трудностями такого производства.

При бетонированіи подъ водой, крупные камни очевидно

также не могут быть одобрены по вышеуказанной причинѣ размыва.

Поэтому лучше всего, при бетонированіи на сушѣ и при толщинѣ массивовъ болѣе 0,50м., примѣнять камни величиною отъ 0,02м. до 0,08м.

Крупные размѣры кусковъ имѣютъ теоретически то преимущество передъ мелкими, что удешевляютъ производство бетона, уменьшая количество раствора.

Вліяніе однообразія въ величинѣ камней. Слѣдуетъ ли отдавать предпочтеніе балластамъ, элементы которыхъ одинаковой величины, или требовать присутствія въ нихъ камней разной величины?

Мнѣнія на этотъ предметъ разнорѣчивы; до сихъ поръ они не подтверждены наблюденіемъ въ достаточной степени.

Однако, повидимому, слѣдуетъ отдать предпочтеніе примѣненію камней разныхъ размѣровъ, такъ какъ въ такомъ случаѣ получается слѣдующе неопровержимое преимущество: чѣмъ разнообразнѣе размѣры камней, тѣмъ меньше пустотъ заключаетъ въ себѣ бетонъ. Изъ этого слѣдуетъ, что въ пористомъ бетонѣ пустоты, при одномъ и томъ же количествѣ раствора, будутъ заполнены гораздо въ болѣйшей степени, и однородность монолита отъ этого выиграетъ.

Въ плотномъ бетонѣ избытокъ раствора въ такомъ случаѣ послужитъ къ тому, что конечный объемъ бетона будетъ нѣсколько больше: такъ, если при данной пропорціи составляющихъ и одинаковой величинѣ камней получается, на примѣръ, 1 куб. м. бетона, то при той же самой пропорціи составляющихъ, но разной величинѣ камней, можно получить бетона около 1,050. куб. м.

При различной величинѣ кусковъ, каменные матеріалы лучше спутываются между собой; швы болѣе выдѣляются.

Примѣненіемъ камней разнообразной величины вызывается болѣе равномерное распредѣленіе раствора въ массѣ бетона.

Зимой 1888—1889 г. въ Vmuiden'ѣ были произведены многочисленные испытанія надъ бетонами, поставленными въ условія практики. Опираясь надъ образчиками, взятыми на мѣстѣ работъ, а не изготовленными въ лабораторіи, изучали вліяніе, оказываемое на бетонъ неравенствомъ величинъ камней. Испытанія производились на изгибъ (изломъ). Эти испытанія показали, что монолитъ, составленный изъ кусковъ гранита, достигаетъ maximum'a сопротивленія, когда камни не одинаковой величины; аналогичные же результаты получились изъ опытовъ надъ бетономъ изъ валуновъ. Для кирпичнаго щебня былъ наблюдаемъ обратный законъ.

Въ заключеніе замѣтимъ, что неодинаковости величинъ камней слѣдуетъ придавать лишь второстепенное значеніе съ точки зрѣ-

нія качества бетона, такъ какъ обѣ эти системы даютъ превосходныя бетоны.

Выборъ матеріаловъ, впрочемъ, обусловливается обстоятельствами, не зависящими отъ воли строителя: продукты драгировки даютъ обыкновенно разныя величины камней, тогда какъ камни, полученные искусственно (разбитые вручную), обладаютъ одинаковыми размѣрами. Съ точки зрѣнія экономической, подрядчику особенно должно быть важно получить камни разной величины.

Вліяніе формы камней. Имѣетъ ли вліяніе форма камней (угловатая или круглая) на качества бетоновъ?

На этотъ счетъ разные авторы или ничего не говорятъ, или даютъ неопредѣленныя указанія, касаясь этого вопроса вскользь. Причина такого отношенія заключается въ томъ, что до сихъ поръ еще не получено достаточно данныхъ, которыя позволили бы высказать вполне обоснованное мнѣніе.

Дюранъ Клэ говоритъ, „что приговляютъ превосходный бетонъ какъ изъ кварцевой гальки, круглой и гладкой, такъ и изъ искусственнаго (битаго) камня“.

Инженеръ Лебланъ писалъ: „что ему казалось, что отдѣлать отъ раствора портландскаго цемента круглый валунъ также трудно, какъ и камень, полученный путемъ разбивки“.

Кандло (Candlot) произвелъ въ этомъ направленіи опыты; онъ исходилъ изъ сравнительныхъ испытаній надъ сжатіемъ. Его опыты показали, что камни, полученные путемъ разбивки, даютъ большія сопротивленія, чѣмъ круглые валуны. Этого взгляда держится также большинство инженеровъ, и, слѣдовательно, мнѣніе склоняется въ пользу угловатой формы камней. Однако слѣдуетъ замѣтить, что хотя преимущества *теоретически* принадлежатъ угловатымъ камнямъ, но, разбирая этотъ вопросъ *экономически*, мы должны предпочесть имъ круглые валуны (гальку).

Дѣйствительно, объемъ пустотъ, образуемыхъ круглыми валунами, меньше чѣмъ при камняхъ, полученныхъ разбивкой; и потому, при одномъ и томъ же количествѣ раствора, получается въ первомъ случаѣ большій объемъ бетона. Это сравнительное увеличеніе объема бетона, колеблющееся между 6%—10%, даетъ нѣкоторую экономію, которая распространяется на всѣ издержки по производству и барыши производителя. На 1 куб. м. бетона съ битымъ камнемъ приходится въ среднемъ, при всѣхъ равныхъ прочихъ условіяхъ, 1,080 куб. м. бетона изъ круглыхъ валуновъ.

Если стоимость бетона, положимъ, 20 фр., то при однихъ и тѣхъ же издержкахъ, въ первомъ случаѣ бетонъ стоитъ 20 фр., а во второмъ случаѣ 21,60 фр.: такимъ образомъ производитель, кромѣ обычнаго вознагражденія, будетъ имѣть еще 1,60 фр. на 1 куб. м. бетона.

Эту разницу въ 1.60 фр. можно обратить на прикупку цемента и, введя послѣдній въ бетонъ изъ круглыхъ валуновъ, приготовить продуктъ, сопротивленіе котораго увеличится и вообще превзойдетъ сопротивленіе бетона изъ угловатыхъ камней (щебня): стоимость-же производства будетъ въ обоихъ случаяхъ одна и та же.

Круглые валуны обладаютъ важными техническими и экономическими преимуществами, на которые полезно будетъ указать:

а) Они стоятъ вообще дешевле битаго камня, особенно, если можно примѣнять ихъ въ дѣло вблизи мѣста ихъ добычи. Съ усовершенствованными приспособленіями которыя постоянно создаетъ промышленность, продукты драгировки могутъ стоять поразительно дешево.

б) Они не требуютъ никакой предварительной подготовки: ихъ форма дана уже природой, тогда какъ угловатые камни должны подвергнуться манипуляціи разбивки.

с) Съ ними легко обращаться; они гораздо легче, чѣмъ щебень, поддаются операциі нагрузки и смѣшенія.

д) Бетонъ изъ круглыхъ валуновъ хорошо трамбуется при употребленіи его въ дѣло, такъ какъ круглые камни легко скользятъ въ тѣстообразной массѣ

е) Они не имѣютъ, какъ щебень, угловъ и реберъ, составляющихъ всегда слабыя части; примѣненіе круглыхъ валуновъ избавляетъ отъ затрудненія, заключающагося въ присутствіи трещинъ, констатируемыхъ въ камняхъ, раздробляемыхъ механически.

ф) Имъ оказывается предпочтеніе въ фортификаціонныхъ работахъ, такъ какъ въ массивахъ изъ круглыхъ валуновъ отъ дѣйствія снарядовъ не получается тѣхъ опасныхъ разрушеній, которыя наблюдаются въ бетонахъ изъ угловатыхъ камней. Область разрушительнаго дѣйствія въ первомъ случаѣ болѣе ограничена.

г) Наконецъ при бетонированіи подъ водой Лебланъ такъ опредѣляетъ качества круглыхъ валуновъ:

„Мы совѣтуемъ готовить бетоны изъ валуновъ округленной формы вмѣсто разбиваемыхъ механически камней, всегда болѣе или менѣе угловатыхъ, совѣтуемъ потому, что въ высшей степени важно облегчить скольженіе камней одного по другому, чтобы замѣнить недостающія раствору изъ портландскаго цемента жирныя свойства“.

Изъ всего предыдущаго слѣдуетъ вывести такое заключеніе: камни, полученные путемъ разбивки, при затрачиваніи одинаковаго количества цемента на единицу объема бетона, даютъ сопротивленія сжатію большія, чѣмъ при примѣненіи круглыхъ валуновъ; но эти послѣдніе зато представляютъ столько другихъ преимуществъ, что смѣло могутъ конкурировать съ угловатыми камнями.

Вниманіе спеціалістівъ почти не было обращено на изученіе сравнительныхъ сопротивленій бетона изгибу при разной формѣ его камней; поэтому мы вынуждены ограничиться только слѣдующей табличкой, составленной на основаніе опытовъ въ Vmuiden'ъ.

Цемента на 1 куб. м. бетона.	Сопротивленіе изгибу на 1 кв. сантим.		
	Раздроблен- ный гранитъ.	Кирпичный щебень.	Круглые ва- луны.
Килогр.			
370	12,30	10,90	9,44
280	7,66	8,20	8,22
230	7,04	6,75	7,30

Изъ результатовъ этой таблички явствуетъ, что ниже и вплоть до содержанія въ 300 килогр. цемента на 1 куб. метръ бетона круглые валуны даютъ лучшіе результаты, чѣмъ камни угловатой формы. Достаточно ли этихъ опытовъ, чтобы считать это положеніе справедливымъ всегда, — это намъ покажетъ будущее.

Какъ бы то ни было, но по всей вѣроятности будущіе результаты будутъ измѣняться лишь въ тѣсныхъ предѣлахъ и добытыхъ фактовъ достаточно, чтобы показать, что круглая форма, наравнѣ съ угловатой, гарантируетъ прочность сооруженія также и въ случаѣ приложенія изгибающаго усилія.

Вліяніе степени гладкости камней. Это вліяніе не вполне выяснено за неимѣніемъ достаточныхъ практическихъ основаній. Хотя сила сцѣпленія нѣкоторыхъ растворовъ и камней была хорошо изучена, но систематическихъ испытаній на этотъ счетъ не существуетъ.

Изъ опытовъ Ронделе и Буастарда явствуетъ, что вообще говоря растворы пристають болѣе къ зазубреннымъ, шероховатымъ поверхностямъ, чѣмъ къ ровнымъ и гладкимъ; къ пористымъ камнямъ болѣе, чѣмъ къ плотнымъ.

Спрашивается, справедливы ли эти выводы для цементныхъ растворовъ?

Вопросъ этотъ требуетъ выясненія.

Наконецъ, если связность (сила сцѣпленія) измѣняется въ зависимости отъ степени гладкости камней, то слѣдуетъ ли она тому же закону, когда растворы отвердѣваютъ подъ давленіемъ?

И это обстоятельство желательно было-бы выяснить.

Какъ бы то ни было, если гладкость камней до извѣстной степени и уменьшаетъ сцѣпленіе, что очень возможно, то это об-

стоятельство не имѣетъ почти значенія при цементныхъ бетонахъ, при которыхъ рѣдко встрѣчаются матеріалы совершенно гладкіе, съ такой поверхностью, какъ глазуrowанныя черепицы. Цементъ же настолько сильно измельченъ, что его частицы могутъ ложиться и входить въ пустоты, такъ сказать, неумовимыя для невооруженнаго глаза, существующія почти во всѣхъ матеріалахъ.

Практика показываетъ, впрочемъ, что съ помощью гладкихъ валуновъ приготавливаются превосходные бетоны.

Общія замѣчанія. Въ спорахъ, касающихся выбора наилучшей камневидной составляющей для бетона, повидимому господствуютъ главнымъ образомъ два принципа, служащіе руководящимъ началомъ.

1°. Слѣдуетъ стремиться къ уменьшенію пустотъ въ балластѣ.

Дѣйствительно, такъ какъ растворъ часто бываетъ менѣе твердымъ, чѣмъ камни, то области его представляютъ зоны наименьшаго сопротивленія; поэтому то и слѣдуетъ стараться сдѣлать эти области возможно меньше.

Для этой цѣли пригоднѣе всего круглые камни различной величины, дающіе, какъ мы видѣли, всего меньше пустотъ.

На это можно возразить, что пустоты камней, полученныхъ разбивкой, какъ это и оказывается на дѣлѣ, болѣе значительны до приготовления бетона, но, что подъ вліяніемъ тщательной утрамбовки угловатые камни настолько сближаются другъ съ другомъ, что взаимно касаются своими поверхностями, тогда какъ круглые валуны могутъ касаться другъ друга только въ одной точкѣ, чѣмъ обуславливается въ концѣ концовъ даже болѣе большой объемъ ихъ пустотъ. Это теоретическое соображеніе важно не забывать при практическомъ производствѣ бетона; чтобы угловатые камни расположились подобнымъ образомъ, грань къ грани, необходимо примѣнить особую систему трамбованія, которую обычное производство не въ силахъ доставить.

2°. Это первое свойство уменьшенія пустотъ должно непременно быть соединено съ столь возможно болѣе большимъ уменьшеніемъ суммы поверхностей соприкосновенія (швовъ) между камнями и растворомъ. Такъ какъ опыты надъ раздавливаніемъ показываютъ, что распаденіе обнаруживается въ мѣстахъ соприкосновенія раньше, чѣмъ происходитъ *видимое* раздавливаніе раствора, то вѣроятность разрушенія будетъ уменьшена, если швы будутъ доведены до *minimum'a*.

Вычисленіе показываетъ, что для матеріаловъ, представляющихъ равныя количества пустотъ на одинаковые объемы, получаются суммы поверхностей швовъ, обратно пропорціональныя величинѣ самихъ камней.

Но, такъ какъ слѣдуетъ соблюдать оба вышеприведенныя условія вмѣстѣ, приходится соглашать величину кусковъ съ разнообразіемъ ихъ размѣровъ. Цѣль достигается смѣсью валуновъ размѣрами отъ 0,02м.—0,08м. и почти до 0,10м.

Замѣтимъ также, что сферическіе куски при равномъ объемѣ даютъ меньшую поверхность швовъ, чѣмъ кубическіе.

Наконецъ, слѣдуетъ остерегаться крайностей: въ стремленіи уменьшать пустоты не слѣдуетъ допускать въ балластѣ зерна величиной отъ 0,00м. до 0,02м. Бетонъ, приготовленный такимъ образомъ, будетъ въ высшей степени бѣденъ растворомъ.

Сверхъ того, обиліе элементовъ, размѣромъ отъ 0,00м. до 0,02м., дастъ значительное увеличеніе суммы поверхностей швовъ, что понапрасну потребуетъ излишнее количество цемента для доведенія ихъ собственнаго сцѣпленія съ другими матеріалами до необходимой степени прочности. На этотъ счетъ, опыты являются достаточно убѣдительными. Darnton Hutton, составивъ пористый бетонъ съ наименьшимъ количествомъ цемента (пропорція: 10 частей валуновъ на 1 часть порландскаго цемента), получилъ продуктъ надлежащаго сопротивленія. Отъ введенія въ подобный бетонъ песку сопротивленіе уменьшилось, что и объясняется увеличеніемъ суммы поверхностей, представляемыхъ зернами песку; послѣднія поглощали извѣстное количество цемента для связи ихъ другъ съ другомъ.

§ 2.

Ручное производство бетона.

Методы. Есть два способа производства вручную.

Первый способъ состоитъ въ томъ, что только что приготовленный растворъ смѣшивается съ камнемъ, и все это подвергается тщательной обработкѣ.

По второму способу, всѣ составныя части бетона (камни, песокъ и цементъ) смѣшиваются сразу безъ предварительнаго приготовления раствора, и затѣмъ вся масса замѣшивается съ прибавкой воды.

Послѣдній способъ неудовлетворителенъ и на практикѣ его никогда не слѣдуетъ примѣнять, такъ какъ онъ ведетъ къ изготовленію плохого бетона. Поэтому слѣдуетъ особенно замѣтить себѣ, что *успѣшное приготовленіе бетона требуетъ, чтобы растворъ былъ приготовленъ отдѣльно.*

Принципы производства. Ручное производство можетъ примѣняться только при такихъ работахъ, при которыхъ расходъ бетона незначителенъ; разъ производство превышаетъ приблизительно

250 куб. метровъ, тогда выгоднѣе прибѣгнуть къ механическому изготовленію.

Работу производить слѣдуетъ на прочной настилкѣ, какъ на примѣръ, на каменномъ или деревянномъ полу и оперировать за разъ съ небольшими количествами продукта: болѣе значительныя его массы при ручной обработкѣ мѣшали бы достиженію хорошаго смѣшенія. Начинаютъ работу тѣмъ, что на полъ вываливаютъ тачку камней, предварительно промытыхъ, но еще *влажныхъ*; эти камни располагаютъ слоемъ, на который опоражниваютъ тачку съ растворомъ; этотъ послѣдній располагается также слоемъ по камнямъ. Такую операцію повторяютъ до тѣхъ поръ, пока не получится два слоя раствора между тремя слоями валуновъ, перемежающихся между собою.

Затѣмъ, двое рабочихъ начинаютъ замѣшивать эту кучу; одинъ лопатой переворачиваетъ ее, а другой желѣзными граблями ее постоянно перемѣшиваетъ; эту работу они продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ видно, что камни хорошо облѣплены растворомъ.

Вмѣсто желѣзныхъ граблей, пользуются также желѣзнымъ скребкомъ; но первое орудіе предпочтительнѣе; можно даже приготовить бетонъ, обрабатывая смѣсь одними лопатами.

Тачки для раствора и для камней предварительно вымѣриваются.

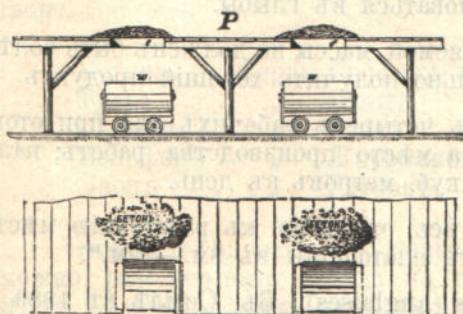
Камни должны быть влажными при началѣ приготовления бетона; это важно для того, чтобы они не отнимали воду изъ раствора. Вспомнимъ, относительно этого, знаменитое правило Вика: „*густой растворъ и влажные матеріалы*“,—правило, равнымъ образомъ примѣняемое и къ фабрикаціи бетона.

Чтобы показать подробный ходъ работъ, мы приведемъ нѣсколько примѣровъ, заключающихъ извѣстные варианты вышеприведенныхъ манипуляцій.

Марсельскій портъ. (1857). Работа производилась на полу Р, расположенному на нѣкоторой высотѣ; на немъ выгружали вагоны съ камнемъ и растворомъ (фиг. 5).

Камни располагались въ кучу длиной въ 3м., шириной въ 1м. и высотой въ 0,30м. На такую кучу камня выливали заразъ количество раствора, отвѣчающее требуемой пропорціи и размазывали его слоемъ. Шесть человекъ были заняты перемѣшиваніемъ каждой такой кучи. Двое изъ нихъ были вооружены крючьями или когтями *g* (фиг. 5 bis.) съ двумя зубьями длиной въ 0,21м. и отстоявшими другъ отъ друга на 0,11м. Эти двое располагались по бокамъ кучи, которую они перемѣшивали описанными крючьями, притягивая ими къ себѣ, почти на разстояніе 0,50м., растворъ и камни. Работа производилась одновременно обоими рабочими такимъ образомъ, что пара подобныхъ крючьевъ, расположенныхъ

паралельно и рядомъ другъ съ другомъ, оказывала такое же дѣйствіе, какъ если бы имѣлась одна грабля съ четырьмя зубьями. Этой парѣ рабочихъ помогала другая пара, помѣщавшаяся противъ нихъ по другую сторону кучи и напиравшая вилами *f* на выступъ, устроенный на черенкѣ крючьевъ *g*; вилы эти они толкали отъ себя въ то время, когда двое первыхъ рабочихъ притягивали смѣсь къ себѣ.



Фиг. 5.



Фиг. 5 (bis)

При небольшомъ навыкѣ работа шла быстро и увѣренно. Тутъ же сбоку кучи еще двое рабочихъ лопатами откидывали назадъ въ середину кучи отдѣлившіеся камни и подводили подъ дѣйствіе крючьевъ нижній слой бетона въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ крючья его недостаточно хорошо забирали. Для этой цѣли они подбирали на лопату рѣзцовъ и валуны и бросали ихъ на кучу съ такимъ расчетомъ, чтобы распредѣленіе на ней обоихъ сортовъ материаловъ было всегда равномернымъ.

Когда все было хорошо перемѣшано и уложено въ кучу, высотой около 0,50м., начинали съ того же самого конца ту же самую операцію, производя ее точно такимъ же манеромъ, но, во время которой обрабатываемая масса приближалась къ вырѣзу *e* въ полу. Затѣмъ, сталкивали бетонъ въ это отверстіе, производя при этомъ третье замѣшиваніе; бетонъ, падая, попадалъ въ вагонъ *w*, которымъ и увозился на мѣсто работъ.

Этотъ пріемъ не давалъ вполне хорошаго смѣшенія, такъ какъ значительная часть камней не успѣвала еще вполне погружаться въ растворъ, но работа продолжалась во время паденія массы въ вагонъ, и, главнымъ образомъ, завершалась во время выгрузки и примѣненія бетона въ дѣло.

Военное инженерное искусство въ Австріи. (Extrait de la revue du Genie militaire français.—Mars, Avril 1891). „На деревянной платформѣ, размѣромъ 5м.×5м., располагають слой песку отъ 0,10м. до 0,12м. толщины, а поверхъ его требуемое количество цемента. Всю эту массу въ сухомъ видѣ перемѣшиваютъ лопатами въ три пріема,

пока не получится однообразный цвѣтъ массы. Затѣмъ изъ этой смѣси устраивается бассейнъ, въ который *очень медленно* льютъ воду. Производятъ снова переѣшиваніе и затѣмъ прибавляютъ камни, предварительно хорошо промытые и только что передъ тѣмъ политые водой; наконецъ, все это мѣшаютъ еще разъ въ три приѣма.

Бетонъ, приготовленный такимъ образомъ, долженъ быть достаточно густымъ, чтобы формоваться въ глыбы.

Объемъ заразъ приготовляемой массы не долженъ быть болѣе 0,500 куб. метра, если желательно получить хорошій продуктъ.

Одна платформа требуетъ четырехъ рабочихъ для приготовленія бетона и доставки его на мѣсто производства работъ; каждая такая платформа даетъ 8 куб. метровъ въ день.

Цифры, приведенныя здѣсь, относятся къ разстоянію мѣста примѣненія бетона въ дѣло отъ платформы въ 8м.—12м.“.

Дворецъ въ Симлѣ. (Indes anglaises). Въ Симлѣ въ 1889 г. были произведены двѣ громадныя постройки изъ бетона. Въ „Les Annales de la Construction“ за апрѣль 1891 г. находится такое описаніе работъ по производству бетона:

„Такъ какъ на мѣстѣ не нашлось машинъ, то процессъ переѣшиванія совершался отъ начала до конца ручнымъ способомъ. Битый камень, измѣряемый помощью ящика, емкостью въ 0,924 куб. метровъ, располагался на наклонномъ столѣ, размѣромъ въ 4,20м.×3м. Процессъ начинался основательной промывкой камня, послѣ чего на него накладывали слой матеріала, служившаго для образованія раствора, но пока еще въ сухомъ видѣ, и затѣмъ начинали осторожно поливать его водой изъ леекъ съ ситочками. Воды затрачивалось отъ 80 до 100 литровъ на каждый столъ, смотря по продолжительности этой операціи. Наконецъ, смѣсь уносили подъ навѣсы, гдѣ окончательно обрабатывали ее. Столовъ такихъ было 10 и у каждого изъ нихъ работало 5—6 рабочихъ“.

Такимъ образомъ было приготовлено 14.760 куб. метровъ бетона.

Согласно указаніямъ, находящимся въ вышеуказанной статьѣ, каждый столъ давалъ ежедневно около 3 куб. метровъ; выходило въ среднемъ 0,600 куб. метр. на каждого рабочего. Такая производительность весьма незначительна; она можетъ оправдываться только превосходными качествами замѣшиванія и особыми приѣмами работы касательно приготовленія раствора и промывки камней.

Основанія для опредѣленія стоимости производства. Зарегистрированные наблюденія позволяютъ установить слѣдующіе размѣры производительности при ручной фабрикаціи бетона.

Коэффициенты производительности составлены для 10 часового рабочего дня; при расчетѣ приняты во вниманіе только слѣдующія операціи: замѣшиваніе—песку, цемента и камня и поливка смѣси водой.

Нужно замѣтить также, что эти наблюденія относятся только къ небольшому количеству куб. метровъ бетона и что эти первые бетоны были составлены безъ предварительнаго приготовленія раствора.

Мобежъ . . .	фортъ Серфонтэнъ . . .	2 куб. м. въ 1879 г.
Туль . . .	Люпей . . .	2,1 " " 1879 "
С.-Дени . . .	Стень . . .	2,5 " " 1880 "
Бельфоръ . . .	Жироманьи . . .	2,4 " " 1880 "
Лаонъ . . .	Гирсонъ . . .	2,1 " " 1880 "

Отсюда слѣдуетъ, что, пользуясь уже готовымъ растворомъ, можно рассчитывать всегда на производительность по крайней мѣрѣ 2,5 куб. метровъ на человѣка.

Нѣкоторые англійскіе авторы говорятъ, что одинъ человѣкъ, занятый исключительно замѣшиваніемъ, вырабатываетъ 4,5 куб. метровъ въ 10 часовъ. Эта цифра, кажется, слишкомъ велика.

Въ нѣкоторыхъ расчетахъ принимаютъ 11 часовъ работы на 1 куб. метръ бетона при выполненіи—промывки камней, приготовленія раствора, приготовленія бетона и трамбованія его слоями въ 0,20м.

§ 3.

Механическое производство бетона.

Общая замѣчанія. Принципъ предварительнаго приготовленія раствора остается также въ силѣ и при механическомъ приготовленіи бетона, хотя иногда и устраиваютъ аппараты, дающіе бетонъ прямымъ смѣшеніемъ всѣхъ его составляющихъ элементовъ. Подобнаго рода аппараты, заключающіе въ себѣ различные типы паровыхъ горизонтальныхъ машинъ, примѣняются почти исключительно въ Англіи;—на континентѣ они распространены менѣе.

Аппараты для приготовленія бетона (бетоньерки), съ точки зрѣнія утилизируемой силы, могутъ быть раздѣлены на два обширные класса.

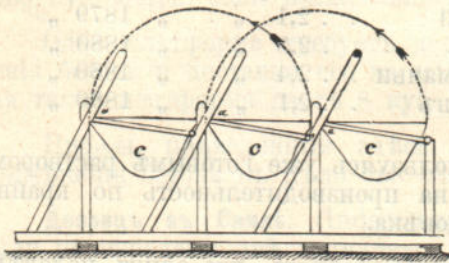
Первый классъ заключаетъ въ себѣ аппараты, движущая сила которыхъ какая угодно, лишь бы это не была сила тяжести.

Во второмъ классѣ заключаются машины, приводимыя въ дѣйствіе исключительно силой тяжести.

Наконецъ, есть машины, соединяющія въ себѣ оба предыдущіе типа.

Въ описаніи аппаратовъ, мы будемъ слѣдовать порядку, установленному этой классификаціей.

Machine à coffres. Machine à coffres была однимъ изъ первыхъ, по времени изобрѣтенія, аппаратовъ для приготовленія бетона; эта машина представляетъ лишь историческій интересъ, такъ какъ нигдѣ уже болѣе не встрѣчается.



Фиг. 6.

Она состояла (фиг. 6) изъ дюжины чугунныхъ ящиковъ с, вращавшихся въ направленіи, указанномъ стрѣлками. Каждый такой ящикъ опорожнялъ свое содержимое въ сосѣдній, такъ что, предварительно составленная смѣсь изъ раствора и камней, брошенная въ первое отдѣленіе, пробѣгала весь рядъ коры-

тецъ подъ непрерывнымъ дѣйствіемъ рычажковъ, качающихъ корытца, и затѣмъ изъ послѣдняго пріемника выходила уже въ видѣ бетона.

Эта машина дорого стоила; она занимала много мѣста и поглощала слишкомъ много ручного труда для приведенія ея въ дѣйствіе.

Десять человѣкъ, занятые исключительно управленіемъ рычажками, приготовляли въ 10 часовъ не болѣе 35 куб. метровъ

Кранцъ даетъ болѣе высокую цифру производительности; по его мнѣнію, такая машина при 6 рабочихъ могла выработать въ день около 30 куб. метровъ.

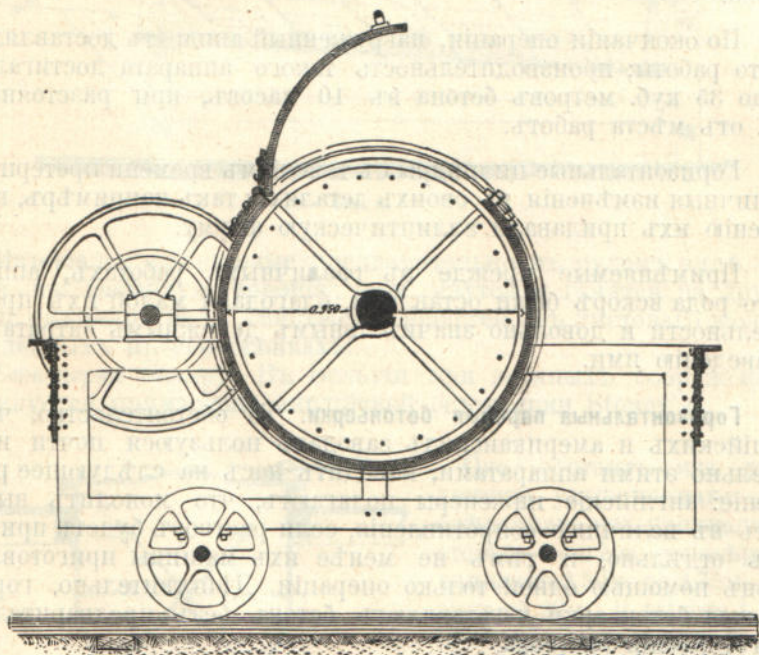
Иногда, если позволяетъ мѣстность, системѣ этого рода придавали болѣе выгодное расположеніе, помѣщая ящики какъ ступени лѣстницы.

Барабаны. Въ предыдущемъ параграфѣ мы познакомились съ пріемами ручного производства бетона при постройкѣ Марсельскаго порта въ 1857 г.

Для ускоренія работы тамъ же обратились къ механическимъ приспособленіямъ; было предложено готовить бетонъ въ горизонтальныхъ цилиндрахъ (барабанахъ), въ которыхъ матеріалы смѣшивались подъ вліяніемъ вращательнаго дѣйствія этихъ цилиндровъ. Противъ такого пріема смѣшенія многіе возражали; указывалось главнымъ образомъ на то обстоятельство, что при вращеніи

цилиндровъ болѣе тяжелые матеріалы, именно камни, стремятся остаться въ центральной части аппарата и отбросить растворъ къ периферіи, какъ обладающій меньшей плотностью; поэтому въ результатъ должно получаться неудовлетворительное смѣшеніе камней и раствора. Долгое время примѣненію барабановъ предпочитали, поэтому, приготовленіе бетона прямо на полу помощью скребковъ съ зубьями или грабель.

Впослѣдствіи эти неудобства, дѣйствительно присущія этимъ аппаратамъ, были устранены при помощи нѣсколькихъ желѣзныхъ перегородокъ, надлежащимъ образомъ размѣщенныхъ внутри барабана; послѣ этого инженерами было признано двойное преимущество, доставляемое этими аппаратами: быстрота работы и хорошія качества изготовляемаго бетона.



Фиг. 7.

Барабаны, смотря по обстоятельствамъ, могли быть поставлены на колеса, и тогда они служили и для фабрикаціи бетона и для его перевозки.

Аппаратъ (фиг. 7) состоялъ изъ желѣзной телѣжки и прямоугольной рамы длиной въ 1,80м. и шириной въ 1,74м. На этой рамѣ были укрѣплены чугунныя подушки, поддерживавшія ось вращенія барабана. Внутренній діаметръ послѣдняго 0,95м.; длина же его 1,32м. Продольное отверстіе, устраивавшееся, обыкновенно

въ боку барабана и имѣвшее ширину въ четверть окружности его, закрывалось посредствомъ дверцы на шарнирахъ; это отверстіе служило для введенія внутрь барабана матеріаловъ и для выливанія уже готоваго продукта. Внутри, барабанъ былъ снабженъ дюжиной перекрещивающихся перекладинъ или перегородокъ, прикрѣпленныхъ каждая однимъ концомъ къ оси вращенія, а другимъ къ желѣзнымъ стѣнкамъ цилиндра. Эти перегородки замѣняли собою скребокъ (мѣшалку); онѣ разрывали массу и, подъ вліяніемъ вращательнаго движенія, давали тѣсное смѣшеніе раствора и камней. Аппаратъ приводился въ движеніе паровой машиной: двадцати оборотовъ было достаточно для хорошаго смѣшенія. Емкость барабана достигала 0,900 куб. метровъ; однако, чтобы облегчить процессъ смѣшенія, въ него заразъ вводили количество матеріала, потребное для изготовленія не болѣе $\frac{1}{2}$ куб. метра бетона.

По окончаніи операціи, нагруженный аппаратъ доставлялся на мѣсто работы; производительность такого аппарата достигала отъ 30 до 35 куб. метровъ бетона въ 10 часовъ, при разстояніи въ 30м. отъ мѣста работъ.

Горизонтальные цилиндры съ теченіемъ времени претерпѣвали различныя измѣненія въ своихъ деталяхъ; такъ напримѣръ, иногда сѣченію ихъ придавали эллиптическую форму.

Примѣняемые прежде въ различныхъ работахъ, аппараты этого рода вскорѣ были оставлены, благодаря малой ихъ производительности и довольно значительнымъ денежнымъ затратамъ по обзаведенію ими.

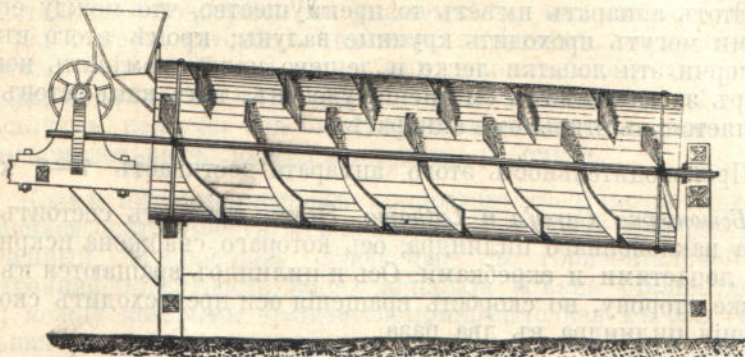
Горизонтальная паровая бетоньерки. То обстоятельство, что на англійскихъ и американскихъ заводахъ пользуются почти исключительно этими аппаратами, наводитъ насъ на слѣдующее размышленіе: англійскіе инженеры полагаютъ, что монолитъ выигрываетъ въ величинѣ сопротивленія, если растворъ будетъ приготовленъ отдѣльно, и тѣмъ не менѣе ихъ машины готовятъ бетонъ помощью одной только операціи. Дѣйствительно, горизонтальная бетоньерки изготовляютъ бетонъ безъ предварительнаго приготовленія раствора.

Этихъ бетоньерокъ, благодаря тому, что каждый конструкторъ измѣняетъ по своему произволу детали аппарата, существуетъ столько разнообразныхъ типовъ, что мы не имѣемъ возможности здѣсь дать подробнаго описанія всѣхъ ихъ; достаточно будетъ отмѣтить въ общихъ чертахъ устройство основныхъ машинъ этого типа, которыя въ большинствѣ чиселъ примѣняются въ настоящее время и на континентѣ.

Аппаратъ представляетъ собою полый цилиндръ изъ листового желѣза, горизонтальный, или слегка наклоненный, неподвижный, или подвижной. Вращательное движеніе цилиндра дости-

гается помощью зубчатого колеса, надѣтаго въ видѣ обруча на бетоньерку, и шестерни, приводимой въ движеніе отъ паровой машины; цилиндръ опирается на четыре катка при посредствѣ двухъ оброчей, служащихъ ему въ тоже время арматурой.

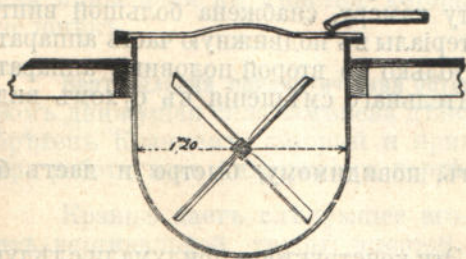
Внутреннія части аппарата, обусловливающія смѣшеніе, прикрѣплены къ оси; въ другихъ бетоньеркахъ онѣ прикрѣпляются ко внутреннимъ стѣнкамъ цилиндра, какъ это показано на фиг. 8.



Фиг. 8.

Матеріалы, смѣшанные предварительно въ сухомъ видѣ, бросаются въ засыпную воронку; они мнутся и гонятся на другой конецъ цилиндра подѣйствіемъ лопастей изъ листового желѣза, укрѣпленныхъ въ его стѣнкахъ.

Бетоньерка Stoney'я. Въ Бельгіи при военныхъ сооруженіяхъ практикуется примѣненіе англійской бетоньерки Stoney'я.



Фиг. 9.

Она состоитъ изъ недвижно укрѣпленнаго чана, сдѣланнаго изъ прочнаго листового желѣза, размѣрами: длина отъ 2,50 м. до 2,75 м., ширина—1,20 м., и высота 1,10 м. (фиг. 9). Этотъ, чанъ, имѣющій легкій уклонъ, открытъ сверху. Въ видахъ безопасности, чтобы оградить отъ паденія въ него рабочихъ, чанъ закрывается рѣшеткой, такъ какъ верхніе края аппарата находятся на одномъ уровнѣ или превышаютъ лишь на нѣсколько сантиметровъ высоту пола, на которомъ рабочіе производятъ предварительное смѣшеніе всѣхъ составныхъ частей бетона.

Ось, квадратнаго поперечнаго сѣченія, снабжена стальными лопатками, направленными по радіусамъ и расположенными винтообразно по всей длинѣ ея; онѣ отстоятъ одна отъ другой на 0,10 м.

Наклоненіе, или лучше сказать, направленіе этихъ лопатокъ можетъ быть измѣняемо, сообразно съ тѣмъ, желательно ли ускорить или замедлить ходъ работы (смѣшеніе). Смѣсь получаетъ воду не раньше, чѣмъ она въ сухомъ видѣ пройдетъ треть своего полного пути.

Отверстіе, устроенное въ передней стѣнкѣ, даетъ выходъ уже готовому бетону; послѣдній падаетъ прямо въ вагончикъ.

Этотъ аппаратъ имѣетъ то преимущество, что между его лопатками могутъ проходить крупные валуны; кромѣ этого въ случаѣ порчи эти лопатки легко и дешево можно замѣнять новыми. Надзоръ за качествомъ смѣшенія удобенъ, такъ какъ бетонъ готовится въ открытомъ аппаратѣ.

Производительность этого аппарата достигаетъ 7—8 куб м.

Бетоньерка Carey'a и Lathama. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ слегка наклоненнаго цилиндра, ось котораго снабжена искривленными лопастями и скребками. Ось и цилиндръ вращаются въ одну и ту же сторону, но скорость вращенія оси превосходитъ скорость вращенія цилиндра въ два раза.

Нагрузка аппарата пескомъ и валунами, равно какъ и доставка ихъ въ аппаратъ въ надлежащей пропорціи происходятъ автоматически. Песокъ и камни доставляются въ аппаратъ помощью двухъ элеваторовъ; изъ черпаковъ элеваторовъ, емкость которыхъ предварительно вымѣрена, песокъ и камень поступаютъ въ двѣ боковыхъ воронки, помѣщенные нѣсколько выше цилиндра. Цементъ, запасенный въ верхнемъ этажѣ, бросается по мѣрѣ надобности въ третью воронку. Всѣ эти три сорта матеріаловъ соединяются въ камерѣ, составляющей продолженіе цилиндра; ось послѣдняго, продолженная въ эту камеру, снабжена большой винтовой спиралью, увлекающей матеріалы въ подвижную часть аппарата.

Доступъ воды устроенъ только ко второй половинѣ аппарата, съ цѣлью полученія предварительнаго смѣшенія въ сухомъ видѣ въ первой половинѣ его.

Эта бетоньерка работаетъ, повидимому, быстро и даетъ бетонъ хорошаго качества.

Бетоньерка М. М. Lee et C^{ie}. Эти конструкторы придумали слѣдующее своеобразное устройство. Цилиндръ, длиной въ 1,80 м. и 1,40 м. діаметромъ, наглухо насаженъ по діагонали на горизонтальную ось вращенія. Обѣ оси, — ось вращенія и ось цилиндра образуютъ между собой уголъ въ 40°. При вращеніи матеріалы разбрасываются въ цилиндръ по разнымъ направленіямъ съ одного конца на другой. Дверцы для впуска и выпуска матеріаловъ устроены на обоихъ концахъ цилиндра. Матеріалы сначала смѣшиваются въ аппаратѣ въ сухомъ видѣ, а затѣмъ къ нимъ прибавляется необходимое количество воды.

Бетоньерка М. Messent. Камера для смѣшенія покоится на каткахъ. Внутреннія приспособленія таковы, что, по наполненіи приемника на половину, матеріалы при каждой четверти оборота совершаютъ движенія сверху внизъ и съ одной стороны на другую внутри этого приемника. Одно и то же отверстіе, запираемое затворомъ, даетъ входъ и выходъ для матеріаловъ и готоваго бетона. Смѣшеніе оканчивается послѣ 10—12 оборотовъ.

Различныя системы. Между многочисленными системами горизонтальныхъ бетоньерокъ мы укажемъ еще на цилиндръ, внутренняя поверхность котораго снабжена лопатками, загнутыми подъ прямымъ угломъ. Эти лопатки, при вращательномъ движеніи цилиндра, поднимаютъ матеріалы и даютъ имъ падать, дѣйствуя на смѣсь такъ, какъ бы она была обрабатываема большимъ количествомъ маленькихъ лопатъ въ рукахъ рабочихъ.

Кромѣ цилиндрическихъ аппаратовъ съ горизонтальною или наклонною осью существуютъ аппараты коническіе (камера—конусъ, усѣченный параллельно основанію) съ горизонтальною осью. Внутренняя поверхность такого аппарата усѣяна стальными зубьями, между которыми вращается прикрѣпленная къ оси геликоидальная (винтовая) поверхность.

Словомъ, очень легко, какъ мы видимъ, создать массу комбинацій разнаго рода аппаратовъ для обработки смѣси.

Горизонтальныя бетоньерки могутъ быть устроены подвижными на тележкѣ.

Но, вообще говоря, аппараты этого рода стоятъ дорого и требуютъ затраты значительной движущей силы, хотя въ настоящее время промышленность создаетъ болѣе приспособленныя модели, для приведенія въ дѣйствіе которыхъ достаточно трехъ-четырехъ человѣкъ.

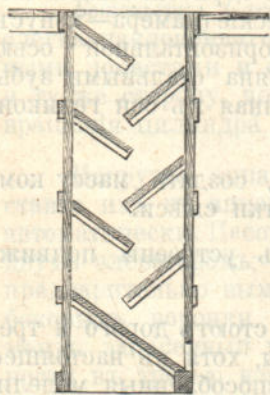
Вертикальная призматическая бетоньерка. Этотъ аппаратъ, въ которомъ движущая сила замѣнена дѣйствіемъ силы тяжести, былъ изобрѣтенъ Кранцемъ, который и примѣнилъ его впервые въ 1842 г. при работахъ въ Алжирскомъ портѣ.

Кранцъ даетъ слѣдующее его описаніе: „Аппаратъ состоитъ изъ вертикальной трубы высотой въ 2,25м., открытой съ обоихъ концовъ.

Прямоугольное сѣченіе этой трубы имѣетъ размѣры 1м. и 0,80м.; стѣнки ея состоятъ изъ толстыхъ дубовыхъ досокъ, соединенныхъ другъ съ другомъ въ шпунтъ. Три стѣнки трубы совершенно закрыты, въ передней-же у ея нижняго конца имѣется вырѣзъ, чтобы дать выходъ бетону; этотъ вырѣзъ имѣетъ 1м. ширины, и 0,60м. высоты. Внутри трубы на широкихъ бокахъ ея помѣщены по три наклонныя полки также изъ толстыхъ дубовыхъ досокъ.

Эти полки, расположенныя на разныхъ высотахъ, наклонены въ различныя стороны и отбрасываютъ одна на другую матеріалы, заброшенныя въ верхнее отверстіе аппарата. Эти-то послѣдовательныя отбрасыванія перетряхиваютъ матеріалы и производятъ ихъ смѣшеніе. Для полученія удовлетворительнаго бетона необходимо, чтобы труба постоянно была наполнена на три четверти ея. Для этого непрерывно подбрасываютъ сверху камни и растворъ въ надлежащей пропорціи; каждая такая нагрузка спускается внизъ по мѣрѣ опоражниванія трубы; на пути своемъ она хорошо перемѣшивается и затѣмъ, достигнувъ нижняго конца аппарата, выходитъ наружу подъ давленіемъ полужидкой смѣси, которая наваливается постоянно на нее сверху.

Если наклонить немного трубу, удлиняя путь, пробѣгаемый матеріалами, то, я думаю, улучшится степень ихъ смѣшенія“.



Фиг. 10.

Описанный аппаратъ очевидно требуетъ предварительнаго приготовленія раствора. Высота его достигаетъ 3,50м. и болѣе. Число наклонныхъ полокъ измѣняется отъ трехъ до значительно большаго: пользуются аппаратами съ пятью и семью полками (фиг. 10). Эти полки обиваются листовымъ желѣзомъ, чтобы уменьшить ихъ порчу и облегчить скольженіе по нимъ матеріаловъ.

Съ точки зрѣнія качества продукта, этотъ аппаратъ даетъ превосходные результаты.

Впослѣдствіи этотъ аппаратъ былъ видоизмѣненъ въ силу экономическихъ соображеній.

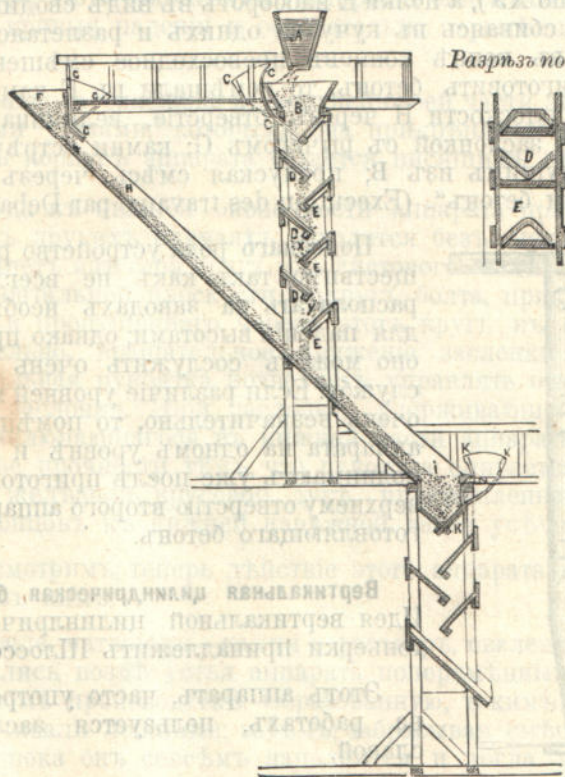
Дѣйствительно, прежде всего слѣдуетъ замѣтить, что нагрузка всѣхъ матеріаловъ въ описанномъ аппаратѣ производится вручную—лопатами. Этого можно избѣжать: вмѣсто того, чтобы вываливать тачки, или вагончики съ растворомъ и камнями возлѣ верхняго отверстія, можно было бы ихъ разгружать непосредственно на верхнюю наклонную полку. Если эту послѣднюю устроить подвижной вокругъ одной изъ ея сторонъ, тогда ее можно было бы удерживать на время нагрузки въ горизонтальномъ положеніи. Послѣ же общаго смѣшенія раствора и камней на этой полкѣ,—деревянный клинъ или другое какое приспособленіе заставляло бы ее снова принимать наклонное положеніе; наклоняясь, она привела-бы весь аппаратъ въ дѣйствіе. Такимъ образомъ работа по приготовленію бетона была-бы сокращена значительно.

Для достиженія той же самой цѣли можно было бы снабдить трубу верхней крышкой, подобно тому, какъ это дѣлается въ цилиндрическихъ вертикальныхъ бетоньеркахъ.

Короче говоря, всегда возможно устроить аппарат, не требующий нагрузки лопатами, какъ въ этомъ родѣ и устроилъ Пулѣнъ.

Точно также, въ нижней части описаннаго аппарата выпускание готоваго бетона вмѣсто того, чтобы производиться черезъ боковое отверстіе, можетъ регулироваться устройствомъ задвижки и быть помѣщено на одной вертикальной линіи съ осью аппарата.

По простотѣ своего устройства описанный аппаратъ незамѣнимъ въ тѣхъ отдаленныхъ мѣстностяхъ, гдѣ всякое пріобрѣтеніе матеріала затруднительно; кромѣ простоты аппаратъ этотъ даетъ еще и недурную производительность: въ часъ онъ можетъ дать до 10 куб. метровъ бетона.

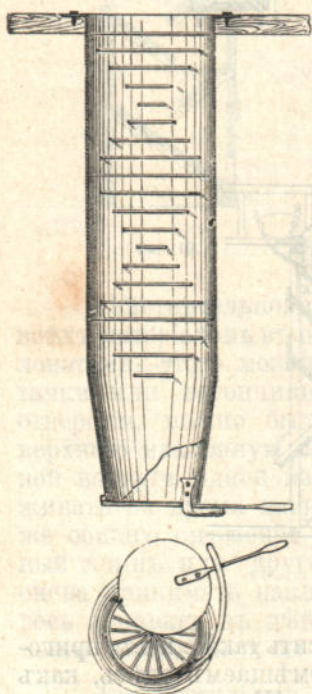


Фиг. II.

Призматическая бетоньерка можетъ служить также и для приготовления раствора. По этому поводу мы помѣщаемъ здѣсь, какъ примѣръ, описаніе способа, примѣненнаго въ Жорѣ военнымъ инженеромъ Пулѣномъ. Пулѣнъ устроилъ приспособленіе, предназначавшееся для приготовления бетона и раствора отдѣльно, или

вмѣстѣ. Это приспособленіе состояло изъ двухъ трубъ; въ одной, верхней, приготавлился растворъ, въ другой, нижней, приготавлился бетонъ.

„Пулѣнь велъ операцію слѣдующимъ образомъ: резервуаръ А (фиг. 11) былъ наполненъ водой, которую туда подымали ручнымъ воротомъ; приѣмникъ В запирался помощью подвижной заслонки С, маневрируемой посредствомъ рукоятки рычага; приѣмникъ наполняли поперебѣнными слоями песку и извести въ желаемой пропорціи; этой работой занимались подростки, принося необходимые матеріалы въ тыквенныхъ бутылкахъ и высыпая поочередно двѣ бутылки песку и одну бутылку извести. Когда приѣмникъ В наполнялся, опускали полку С и смѣсь падала, образуя цѣлый рядъ каскадовъ; наклонныя полки D были устроены въ видѣ желобовъ (разрѣзъ по ХУ), а полки E наоборотъ въ видѣ сводиковъ, такъ что матеріалы, сбиваясь въ кучу на однихъ и разлетаясь на другихъ, давали въ концѣ концовъ превосходное смѣшеніе. Когда надо было приготовить бетонъ, то помѣщали въ F камни и спускали ихъ по плоскости H черезъ отверстіе, величина котораго регулировалась заслонкой съ рычагомъ G; камни встрѣчались съ растворомъ, идущимъ изъ В; пропуская смѣсь черезъ нижнюю трубу, получали бетонъ“. (Execution des travaux par Debauxe).



Фиг. 12.

Подобнаго рода устройство рѣдко осуществимо, такъ какъ не всегда можно располагать на заводахъ необходимыми для паденія высотами; однако при случаѣ оно можетъ сослужить очень полезную службу. Если различіе уровней мѣстности очень незначительно, то помѣщаютъ оба аппарата на одномъ уровнѣ и растворъ поднимаютъ уже послѣ приготовленія къ верхнему отверстію второго аппарата, приготавливающаго бетонъ.

Вертикальная цилиндрическая бетоньерка.
Идея вертикальной цилиндрической бетоньерки принадлежит Шлоссеру.

Этотъ аппаратъ, часто употребляемый на работахъ, пользуется заслуженной славой.

Аппараты этого рода довольно однообразны; они отличаются другъ отъ друга лишь размѣрами.

Вертикальный цилиндръ изъ листового желѣза, отъ 0,007м. до 0,008м. толщины, 0,70м. во внутреннемъ діаметрѣ и 2м. высоты, оканчивается (фиг. 12) внизу

усѣченнымъ конусомъ, высотой въ 0,70м. Этотъ усѣченный конусъ имѣетъ внизу 0,50м. въ діаметрѣ. Полная высота аппарата 2,70м.

Внутри, но только въ цилиндрической части, укрѣплены по направленію діаметровъ цилиндра поперечины или круглые желѣзные прутья толщиной въ 0,02м. Эти поперечины расположены по различнымъ направленіямъ и лежатъ въ плоскостяхъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 0,10м. Чтобы дополнить описаніе, прибавимъ, что направленія каждаго двухъ смежныхъ перекладинъ составляютъ равные углы и если бы прикрѣпленія краевъ этихъ перекладинъ были видны съ вѣшной стороны трубы, то онѣ образовали бы на поверхности ея двѣ соединенныя винтовые линіи.

Вслѣдствіе такого устройства внутренней части аппарата, оказывается, что забрасываемые матеріалы описываютъ самыя разнообразныя кривыя паденія и основательно перемѣшиваются между собою.

Бетоньерка снабжена въ верхней своей части двумя крѣпкими желѣзными ушками, которыми она прикрѣпляется къ полу, причѣмъ весь корпусъ аппарата остается висающимъ въ воздухѣ.

Иногда къ нижней оконечности аппарата придѣлываютъ заслонку; въ другихъ случаяхъ обходятся безъ нея. Эта заслонка представляетъ изъ себя кругъ изъ листового желѣза, вращающійся въ горизонтальной плоскости вокругъ болта, прикрѣпленнаго къ аппарату и пропущеннаго черезъ этотъ кругъ въ его периферіи: слѣдовательно, вращательное движеніе заслонки эксцентрично. Горизонтальная рукоятка позволяетъ управлять открытіемъ и закрытіемъ заслонки. Этой заслонкѣ, удерживающей всю тяжесть бетона, заключающагося въ нижней части аппарата, было придано еще болѣе прочности тѣмъ, что рукоятка опирается и ведется по прочной желѣзной круговой дугѣ, прикрѣпленной однимъ изъ своихъ концовъ къ нижней наружной части усѣченнаго конуса.

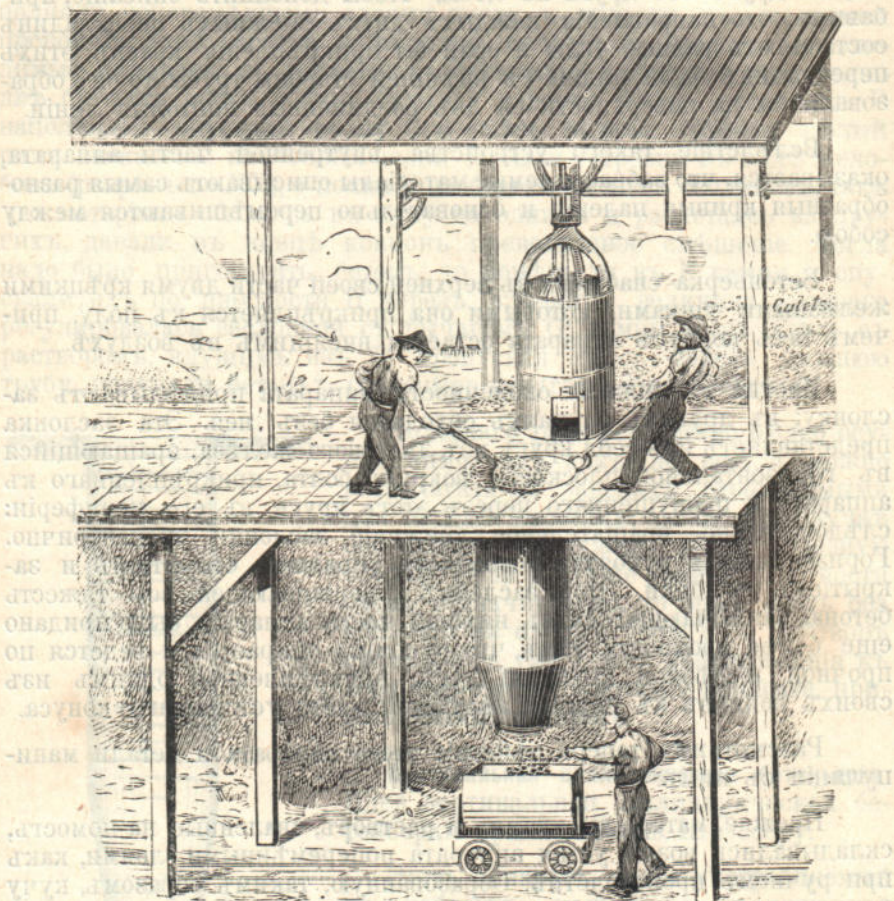
Разсмотримъ теперь дѣйствіе этого аппарата и детали манипуляцій съ нимъ.

Прежде, матеріалы—камни и растворъ, сваленные на помость, складывались возлѣ устья аппарата попеременно слоями, какъ при ручномъ производствѣ. Образованную, такимъ образомъ, кучу переворачивали лопатами; затѣмъ, забрасывая смѣсь въ аппаратъ, ожидали пока онъ совсѣмъ наполнится и тогда уже выгружали бетонъ.

Прибавленіемъ верхней крышки операція эта была упрощена. Эта крышка представляетъ изъ себя кругъ изъ листового желѣза толщиной въ 0,005м., діаметромъ отъ 1м. до 1,10м., снабженный ушкомъ шириной отъ 0,12м. до 0,15м.

Растворъ и камень выгружаются слоями на эту крышку, наложенную просто на верхнее отверстіе бетоньерки. Послѣ незначи-

тельного перемѣшиванія смѣси лопатой рабочій зацѣпляетъ за ушко крышки желѣзнымъ крюкомъ и порывисто притягиваетъ ее къ себѣ; крышка безпрепятственно скользитъ по полу, крытому листовымъ желѣзомъ. Вслѣдствіе быстроты движенія бетонъ самъ собой сваливается въ аппаратъ; правда, незначительное его количество остается на полу, но рабочіе сейчасъ же сбрасываютъ остатокъ туда же (фиг. 13 *).



Фиг. 13.

Этимъ приемомъ производство значительно удешевляется и кромѣ того работа идетъ гораздо быстрее.

*) Перспективный чертежъ 13 имѣетъ исключительную цѣль показать дѣйствіе обихъ крышекъ; чтобы не усложнять чертежа, на немъ не показаны подвозные пути для матеріаловъ и аппаратъ для измѣренія раствора.

Объемъ матеріаловъ, выгруженныхъ на верхнюю крышку и подвергающихся одновременной обработкѣ, близко соответствуетъ емкости аппарата; въ большинствѣ случаевъ смѣшиваютъ три вагончика камней и два—раствора, что составляетъ $5 \times 0,330$ куб. метр. = 1,650 куб. метр.; этотъ объемъ, благодаря усадкѣ, уменьшается на 30% своей первоначальной величины.

Бетонъ превосходно готовится помощью простого прохожденія черезъ поперечины цилиндрической бетоньерки отъ верхняго до нижняго устья ея; даже излишне, чтобы онъ оставался нѣкоторое время въ цилиндрѣ; отсюда вытекаетъ, что примѣненіе нижней заслонки не такъ необходимо.

Для доставки бетона на мѣсто его примѣненія, пользуются вагончиками, емкость которыхъ не менѣе объема бетона, приготовляемаго аппаратомъ заразъ; если вагончикъ принимаетъ изъ аппарата какъ разъ количество бетона, приготовляемаго заразъ, то нижняя заслонка становится бесполезной.

Но, если перевозка бетона совершается при помощи вагончиковъ меньшей емкости, то эти послѣдніе, конечно, не могутъ вмѣстить всего объема сфабрикованнаго продукта и является необходимость снабдить аппаратъ подвижной заслонкой для выгрузки.

Обращеніе съ этой послѣдней не требуетъ особой силы, такъ какъ тѣстообразная масса бетона рѣжется довольно легко. Открываютъ заслонку, бетонъ выходитъ изъ аппарата и наполняетъ вагончикъ; затѣмъ, заслонка закрывается; въ запертомъ аппаратѣ остается еще нѣкоторое количество бетона, которое выпускаютъ въ слѣдующій вагончикъ, подведенный подъ аппаратъ.

Если бы этого приспособленія для опоражниванія не существовало, то бетонъ падалъ бы на землю; и въ такомъ случаѣ пришлось бы производить нагрузку вагончиковъ помощью лопатъ.

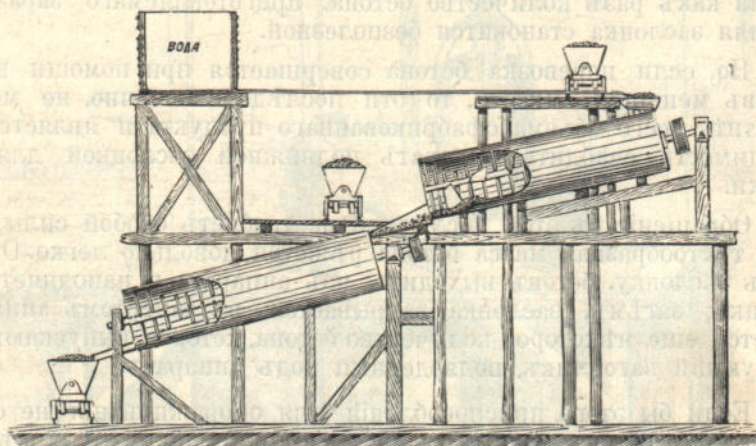
Цилиндрическая бетоньерка является аппаратомъ экономическимъ во всѣхъ отношеніяхъ, такъ какъ помощью его получается, съ одной стороны, бетонъ хорошаго качества; съ другой стороны, этотъ аппаратъ даетъ большую производительность—отъ 15 до 20 куб. метр. въ часъ; единственно, что замедляетъ его производительность, это уборка уже готоваго продукта.

Ясно также, что, пользуясь этимъ типомъ, можно всегда скомбинировать машину дешевую и простую; удовлетворяя даже строгимъ требованіямъ, можно удовольствоваться высокимъ призматическимъ ящикомъ изъ дубовыхъ досокъ, въ стѣнки которыхъ вдѣланы деревянные перекладины, расположенныя геликоидально.

Въ цилиндрическихъ бетоньеркахъ небольшой высоты возможно улучшить качества смѣшенія, снабжая перекладины горизонтальными зубьями, перпендикулярными къ направленію этихъ перекладинъ.

Шаръ Лапито. Въ „l'Ingénieur“ за 1856 г. помѣщено описаніе катящейся бетоньерки, изобрѣтенной Лапито и примѣненной для изготовленія 1900 куб. метровъ бетона для Центрального Рынка въ Парижѣ. Эта бетоньерка представляетъ собою шаръ изъ листового желѣза, емкостью 0,064 куб. метровъ, катаемый по наклонной площадкѣ восьмиугольной формы; когда шаръ пробѣжитъ эту площадку, сдѣлавши восемь оборотовъ, смѣшеніе окончено. Трудно дать какую либо оцѣнку дѣйствія этого аппарата, такъ какъ данныхъ для этого недостаточно. Управление имъ, повидимому, сложно; въ практикѣ, впрочемъ, на эту систему обращается мало вниманія.

Австрійскія системы. Нижеописанное устройство представляетъ собою смѣшанную систему: т. е. перемѣшиваніе матеріаловъ достигается помощью двигательной силы и силы тяжести.



Фиг. 14.

Два цилиндра (фиг. 14) помѣщаются одинъ на продолженіи другого. Верхній цилиндръ съ наклономъ въ $\frac{1}{3}$ служитъ смѣшивателемъ; нижній—съ наклономъ въ $\frac{1}{4}$ играетъ роль бетоньерки. Эти деревянные цилиндры, одѣтые изнутри листовымъ желѣзомъ, имѣютъ длину отъ 3,00м. до 3,50м. и въ діаметрѣ отъ 0,60м. до 0,80м.

Песокъ и цементъ, забрасываемые въ воронку, падаютъ въ верхнюю часть смѣшивателя. Ось его снабжена зубьями, какъ въ Гревельдингеровскомъ аппаратѣ, и прямыми лопаточками, расположенными винтообразно; вращаясь, она производитъ перемѣшиваніе матеріаловъ и толкаетъ ихъ въ нижнюю часть цилиндра. Въ нѣкоторыхъ аппаратахъ прикрѣпляютъ иногда къ оси, какъ это дѣлается въ извѣстныхъ машинахъ англійской конструкціи, косые лопаточки, наклонъ которыхъ можно измѣнять.

Трубка, проведенная изъ резервуара съ водой, обезпечиваетъ смачиваніе матеріаловъ въ цилиндрѣ.

Готовый растворъ изъ перваго цилиндра поступаетъ по желобу, гдѣ къ нему прибавляется требуемое количество камня, во второй цилиндръ — бетоньерку. Эта бетоньерка по виду походить на вышеописанную цилиндрическую бетоньерку. При вращеніи оси вращается также и самый цилиндръ, неподвижно связанный съ осью спицами. Бетонъ падаетъ прямо въ вагончики, отвозящіе его на мѣсто работъ.

На небольшихъ заводахъ эти аппараты приводятся въ дѣйствіе рукой; на большихъ же заводахъ — силой пара.

Принимаютъ среднюю производительность этихъ аппаратовъ въ часъ отъ 7 до 10 куб. метр., сообразно съ величиной движущей силы.

Бетоньерка Wunsch'a. Этотъ аппаратъ вырабатываетъ бетонъ безъ предварительнаго приготовления раствора. Онъ состоитъ изъ шестиграннаго барабана, внутренность котораго снабжена поперечными перекладинами, нормальными къ оси. Питаніе водой производится черезъ ось аппарата, внутри полую и усѣянную отверстиями по своей поверхности. Вся система, довольно значительно наклоненная относительно горизонтальной плоскости, приводится въ дѣйствіе локомотивомъ; послѣ 10—15 оборотовъ бетонъ бываетъ готовъ.

Форма этой бетоньерки напоминаетъ гексагональную бетоньерку, примѣненную въ 1865 г. во время постройки моста въ Dirschau.

Сравненіе различныхъ способовъ и аппаратовъ производства. *Ручное производство.* Въ экономическомъ отношеніи ручное производство бетона не можетъ спорить съ механическимъ.

Количество продукта, вырабатываемое однимъ человѣкомъ, дѣйствующимъ лопатой или граблями доходить до 2,5 куб. метр. Округляя эту цифру до 3 куб. метр. и принимая плату за работу одного куб. метра бетона въ 1 фр., получаемъ цифру поденнаго вознагражденія рабочаго въ 3 фр.

Если надо приготовить 300 куб. метровъ, то, не считая стоимости орудій, это обойдется въ 300 фр.

Издержки-же по приобрѣтенію и установкѣ бетоньерки не превысятъ 250 фр.; изъ этой цифры надо вычесть 150 фр., какъ стоимость аппарата, который остается, и только разницу въ 100 фр. отнести на счетъ производства. Принимаемъ самыя неблагоприятныя обстоятельства, т. е., что придется поднимать матеріалы на высоту верхняго уровня бетоньерки, положимъ на 3 метра. Стоимость подъема 1 куб. м. на такую высоту, какъ показываетъ практика, можно принять въ 0,40 фр.; на 300 куб. метр., это составитъ 120 фр.

Общія издержки, при ручномъ производствѣ, такимъ образомъ, составятъ 300 фр., — а при примѣненіи вертикальной бетоньерки онѣ уменьшатся до 220 фр.

Однако, разница между стоимостями обоихъ производствъ значительно увеличивается съ ростомъ производства, особенно, если рельефъ мѣстности даетъ болѣе благоприятныя условія для подъема матеріаловъ. При примѣненіи, напримѣръ, бетона для фундамента, можно подвѣсить бетоньерку въ какой нибудь уголъ выемки для этого фундамента (котлована) и тогда расходы по подъему песка и камня могутъ быть доведены до нуля; остаются незначительные расходы лишь по производству перемѣшиванія и по управленію верхней крышкой.

Наконецъ, механическое производство гарантируетъ быстроту изготовленія бетона, что является главнымъ факторомъ при выполненіи подряда.

Сравненіе различныхъ механическихъ приспособленій. Мы оставимъ безъ рассмотрѣнія ящичныя машины (*les machines à coffres*) и цилиндры-манипуляторы (барабаны): практика высказалась противъ ихъ употребленія очень опредѣленно.

Остается два класса аппаратовъ: вертикальныя и горизонтальныя бетоньерки.

Послѣднія могутъ и безъ предварительнаго приготовленія раствора доставлять бетонъ хорошаго качества; въ этомъ отношеніи онѣ представляютъ исключеніе изъ общаго правила. Однако, способъ фабрикаціи бетона безъ предварительнаго приготовленія раствора является вообще ненадежнымъ, и пользоваться имъ можно, имѣя развѣ очень усовершенствованнаго устройства аппараты. Дѣйствительно, отдѣльное приготовленіе раствора заключаетъ въ себѣ гарантію хорошаго выполненія, что не имѣетъ мѣста при предыдущей системѣ; очевидно, гораздо легче регулировать и слѣдить за отдѣльнымъ приготовленіемъ смѣси песка и цемента, чѣмъ за смѣсью матеріаловъ трехъ родовъ. Кромѣ того, при предварительномъ приготовленіи, сомнительный растворъ можетъ быть снова пропущенъ черезъ смѣшиватель; иначе дѣло обстоитъ съ тѣмъ же растворомъ въ бетонѣ; недостатки такого раствора по выходѣ бетона изъ бетоньерки гораздо труднѣе замѣтить.

Слѣдующее сравненіе опредѣляетъ достоинства обѣхъ системъ.

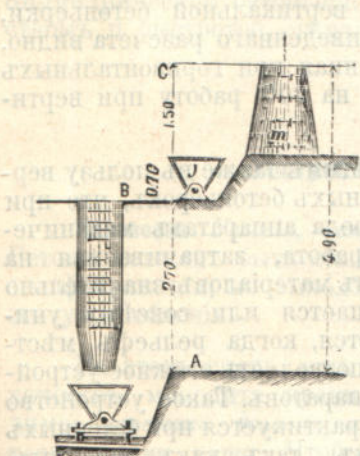
Вертикальная бетоньерка и смѣшиватель стоятъ около 500 фр.

Горизонтальная бетоньерка соотвѣтствующаго дѣйствія обходится въ 4000 фр.

Подрядчикъ, средней руки, долженъ остановиться передъ приобрѣтеніемъ дорого стоящей машины, за повтореніе употребленія которой къ тому же никогда нельзя поручиться, такъ какъ работы по бетону могутъ ему рѣдко представляться.

Подрядчикъ, взявшій значительныя работы, требующія большихъ количествъ бетона, какъ на примѣръ, работы по фортификаціи, морскимъ сооруженіямъ и т. д., долженъ хорошенько взвѣснить свой выборъ, такъ какъ ему одного единственнаго аппарата не достаточно: надо предвидѣть возможное требованіе ускоренія производства работъ, надо оградить себя отъ остановокъ и поломокъ; однимъ словомъ, надо имѣть запасной аппаратъ.

Обзаведеніе по первой системѣ будетъ ему стоить 1000 фр., по второй—8000 фр.



Фиг. 15.

Кромѣ того, горизонтальныя бетоньерки требуютъ привода значительной силы, стоимость обзаведенія которымъ также должна быть принята въ разсчетъ; смѣшиватели же приводятъ въ дѣйствіе гораздо меньшей силой.

Дѣйствительно, можно съ большимъ приближеніемъ, въ томъ и другомъ случаѣ, вычислить затрату движущей силы, опредѣляя работу, совершаемую при поднятіи массъ.

Бетонъ обыкновенно состоитъ изъ $\frac{6}{10}$ камней и $\frac{4}{10}$ раствора.

А. При примѣненіи вертикальной бетоньерки, камни должны быть подняты отъ уровня А до уровня В, т. е. на 2,70м. высоты (фиг. 15). Растворъ будетъ поднятъ на высоту $= AC + 0,70м. = 4,20м. + 0,70м. = 4,90м.$, такъ какъ при выходѣ изъ смѣшивателя *m*, растворъ попадаетъ въ измѣритель *l*, высота котораго 0,70м. войдетъ, какъ слагаемое. Такимъ образомъ вся масса проходитъ въ среднемъ вертикальный путь въ 3,58м., какъ это даетъ слѣдующее вычисленіе:

$$\frac{6}{10} \times 2,70м. = 1,62м.$$

$$\frac{4}{10} \times 4,90м. = 1,96м.$$

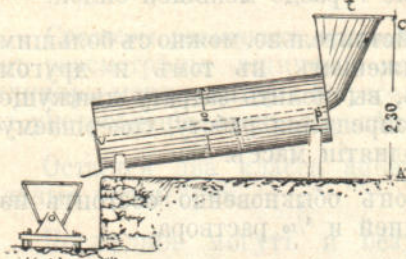
$$3,58м.$$

В. Въ случаѣ горизонтальныхъ бетоньерокъ, всѣ матеріалы доставляются изъ точки А' въ точку С', къ устью воронки *t*, которое, положимъ, имѣетъ высоту въ 2,30м. (фиг. 16).

Кромѣ того, можно принять, что аппаратъ дѣлаетъ въ среднемъ 15 оборотовъ для удовлетворительнаго смѣшенія; слѣдовательно, матеріалы, по крайней мѣрѣ разъ на каждые два оборота, будутъ подыматься до уровня верхняго края оси *вр*, высота кото-

раго. положимъ, 0,55м. Поэтому вся масса, въ восемь приемовъ, $8 \times 0,55\text{м.} = 4,40\text{м.}$ пройдетъ вертикальный путь $8 \times 0,55\text{м.} = 4,40\text{м.}$; эта цифра, сложенная съ 2,30м., дастъ общій подъемъ въ 6,70м.

Мы упустили изъ виду въ изложенной выкладкѣ работу, необходимую для отдѣльнаго получения раствора, когда бетонъ готовится помощью вертикальной бетоньерки; эта работа относительно незначительна и частью компенсируется затратой силы на приведение въ движеніе горизонтальной бетоньерки. Но если мы примемъ во вниманіе и этотъ факторъ, увеличивая высоту подъема массъ, въ случаѣ примѣненія вертикальной бетоньерки, съ 3,58м. до 4,50м., то все-таки изъ приведеннаго разсчета видно, что и въ этомъ случаѣ работа, затраченная при горизонтальныхъ бетоньеркахъ, превышаетъ болѣе чѣмъ на 30% работу при вертикальныхъ бетоньеркахъ.



Фиг. 61.

Замѣтимъ также въ пользу вертикальныхъ бетоньерокъ, что при этого рода аппаратахъ механическая работа, затрачиваемая на подъемъ матеріаловъ, значительно уменьшается или совсѣмъ уничтожается, когда рельефъ мѣстности позволяетъ этажное устройство аппаратовъ. Такое устройство часто практикуется при бетонныхъ работахъ, такъ какъ монолитъ, какъ мы уже говорили, въ большинствѣ случаевъ употребляется въ дѣло въ нижнихъ горизонтахъ по отношенію къ доставляемымъ въ аппаратъ матеріаламъ.

Горизонтальные бетоньерки легко устанавливаются; но, хотя установка ихъ проще, чѣмъ установка вертикальныхъ бетоньерокъ, тѣмъ не менѣе при быстрой работѣ съ ними получаются нѣкоторыя неудобства. Такъ какъ всѣ матеріалы въ горизонтѣ бетоньеркахъ должны поступать въ устье воронки, то, при быстромъ ходѣ работы, можетъ случиться загроможденіе, вызванное такой скученностью матеріаловъ.

Примѣненіе вертикальной бетоньерки позволяетъ раздѣлить доставляемый песокъ отъ камня; на дѣлѣ они, дѣйствительно, и доставляются по отдѣльнымъ путямъ.

Австрійскій способъ, по которому растворъ готовится отдѣльно, является смѣшаннымъ; главный его недостатокъ состоитъ въ томъ, что онъ требуетъ много мѣста подъ аппараты и усложняетъ передачу движенія.

Въ заключеніе замѣтимъ, что было бы очень смѣло настоячиво рекомендовать опредѣленную систему аппаратовъ, такъ какъ примѣненіе той или другой изъ нихъ иногда вызывается мѣстными

обстоятельствами; однако, въ большинствѣ случаевъ первенствующее значеніе остается за вертикальными бетоньерками. Это ихъ превосходство особенно признается при работахъ гдѣ нибудь въ отдаленныхъ мѣстахъ; издержки по доставкѣ и неудобства путей сообщенія въ такихъ случаяхъ заставляютъ прибѣгать къ устройству болѣе простыхъ аппаратовъ, могущихъ приводиться въ дѣйствіе силой животныхъ и даже, въ случаѣ крайности, могущихъ быть изготовленными на мѣстѣ.

Между вертикальными бетоньерками, отдають предпочтеніе цилиндрической бетоньеркѣ; она работаетъ съ болѣе большимъ постоянствомъ и быстротой, чѣмъ призматическая.

§ 4.

Употребленіе бетона въ дѣло.

Перевозка. *Условія, которыя необходимо соблюдать при перевозкѣ.* Бетонъ долженъ быть складываемъ непосредственно возлѣ мѣста его фабрикаціи; по выходѣ изъ бетоньерки онъ отвозится на мѣсто его употребленія.

На этотъ счетъ есть одно капитальное правило, касающееся качествъ монолита, правило, примѣненіе котораго всегда необходимо: *перевозка должна производиться быстро и по возможности по кратчайшему пути.* Чтобы удовлетворить этому требованію перемѣшивающіе аппараты должны находиться настолько близко къ мѣсту употребленія бетона, насколько это позволяютъ экономическія условія завода. Кромѣ того, подобное расположеніе приноситъ массу всевозможныхъ выгодъ.

Длинные перевозки опасны, такъ какъ въ продолженіе такихъ перевозокъ всегда можетъ имѣть мѣсто начало схватыванія бетона; это явленіе уже чувствительно, даже и на короткихъ разстояніяхъ, въ лѣтнее время. Кромѣ того, подъ вліяніемъ постоянного сотрясенія, вызываемаго достаточно продолжительной перевозкой на колесахъ, растворъ всплываетъ на верхъ, а камни опускаются на дно повозки и тогда такіе бетоны, однородность которыхъ нарушена, требуютъ вторичнаго перемѣшиванія. Неудобства этого рода еще значительнѣе, когда масса содержитъ избытокъ воды.

Орудія перевозки. Орудія перевозки бываютъ разныхъ типовъ: выборъ обусловливается степенью важности сооруженія и рельефомъ мѣстности, по которой происходитъ перевозка.

Обыкновенно пользуются переносными ящиками, тачками и легкими вагончиками, вмѣстимость которыхъ доходитъ до одного куб. метра.

При небольшихъ сооруженіяхъ, для перевозки пользуются

тачками, а если мѣстность представляетъ значительное различіе уровней, то переносными ящиками. Относительно послѣднихъ умѣстно будетъ замѣтить, что пользоваться ими, равно какъ и прочими аналогичными приспособленіями столь же незначительной вмѣстимости, вообще не рекомендуется и пользованія ими слѣдуетъ лучше избѣгать, такъ какъ бетонъ гораздо скорѣе начинать схватываніе, когда его берутъ небольшими количествами заразъ. Кромѣ того, система примѣненія бетона въ дѣло небольшихъ массами влечетъ за собой увеличеніе числа стыковъ, что вредно отзывается на постройкѣ. Чтобы уменьшить эти недостатки, прибѣгаютъ къ мѣханической доставкѣ: помощью воротовъ, подъемныхъ крановъ и т. д., причемъ бетонъ нагружается въ приемники (ведра, кадки, бочки) надлежащей емкости.

При большихъ сооруженіяхъ слѣдуетъ прибѣгать къ повозкамъ на рельсахъ. Образцомъ наиболее выгодной повозки этого рода является вагонъ, вмѣстимостью въ одинъ куб. метръ; но расположеніе постройки должно быть удобнымъ для его функционирования. Эти вагоны служатъ для изготовленія мощныхъ и длинныхъ массивовъ для фундаментовъ, громадныхъ ростверковъ и т. д.

При сооруженіяхъ неправильной формы (профиля) вообще прибѣгаютъ къ болѣе легкимъ вагончикамъ, вмѣстимостью отъ 0,300 куб. метр. до 0,500 куб. метр.; эти вагончики приводятся въ движеніе людьми, тащатся лошадьми или буксируются механическими воротами.

Выгрузка бетона. Въ снарядахъ для перевозки должны быть приспособленія для опрокидыванія, съ цѣлью сберечь работу по выгрузкѣ, которая, въ противномъ случаѣ, должна бы была производиться лопатами.

Выгрузка вагончиковъ должна быть окружена извѣстнаго рода предосторожностями, имѣющими цѣлью устранить опасность, происходящую иногда вслѣдствіе того, что схватываніе бетона уже началось. Сила сцепленія, проявляющаяся тогда, какъ между различными составными частями смѣси, такъ и между послѣдней и стѣнками вагончика, мѣшаетъ массѣ выливаться постепенно, нормальнымъ образомъ; въ такихъ случаяхъ бетонъ выпадаетъ сразу, порождая очень сильныя мгновенныя движенія вагончика, которыя могутъ поранить рабочихъ, а также повлечь за собой сходъ съ рельсовъ и опрокидываніе его.

Трамбованіе.—*Цѣль трамбованія.* Трамбованіе имѣетъ цѣлью придать монолиту компактность (плотность); при трамбованіи растворъ сжимается и камни такъ распределяются въ тѣстѣ, что каждый изъ нихъ въ концѣ концовъ хорошо облекается растворомъ. Словомъ, при трамбованіи пустоты должны быть заполнены по возможности лучше: воздухъ и избытокъ воды должны быть изгнаны.

Бетоны съ мелкой камневидной составляющей, которые въ сущности говоря являются просто на просто растворами, требуютъ гораздо болѣе энергичнаго трамбованія, чѣмъ бетоны съ крупными камнями; эти послѣдніе даютъ смѣси гораздо менѣе сжимаемыя, чѣмъ агрегаты изъ матеріаловъ незначительныхъ размѣровъ.

Какъ бы то ни было, трамбованіе слѣдуетъ производить всегда тщательно, такъ какъ бетонъ значительно выигрываетъ, благодаря этой операціи, и въ плотности, и въ непроницаемости. Опытъ показываетъ, что при хорошей утрамбовкѣ сопротивленіе его увеличивается болѣе чѣмъ на 25%.

Избытокъ воды, всегда нежелательный въ бетонѣ хорошаго качества, является помѣхой къ достиженію успѣшнаго результата трамбованія; для послѣдней цѣли необходимо, чтобы масса, подвергающаяся трамбованію, была опредѣленной консистенціи, средней между сухимъ состояніемъ и тѣстообразнымъ. Слишкомъ жидкая масса почти совсѣмъ не сжимается, раздаваясь въ стороны подъ ударомъ трамбовки; въ слишкомъ же сухой массѣ камни не могутъ имѣть свободнаго перемѣщенія и, слѣдовательно, не будутъ располагаться въ растворѣ равномерно.

Трамбовки. Бетонъ утрамбовываютъ деревянными или чугуными трамбовками, вѣсъ которыхъ обыкновенно колеблется отъ 8 килогр. до 15 килогр. Но независимо отъ вѣса, полезно также установить размѣры основанія трамбовки; послѣдніе измѣняются отъ 0,12м. до 0,18м., считая по сторонѣ этого основанія. При слишкомъ узкомъ основаніи, менѣе чѣмъ 0,12м. въ сторонѣ, трамбовка слишкомъ легко погружается въ бетонъ; при слишкомъ же широкомъ основаніи, болѣе 0,18м., наоборотъ, производится слишкомъ незначительное сжатіе бетона.

Иногда прибѣгаютъ къ болѣе тяжелымъ трамбовкамъ, вѣсомъ отъ 25 килогр. до 30 килогр. Подобныя трамбовки, какъ утверждаютъ, имѣютъ то преимущество, что отъ рабочаго, управляющаго ими, не требуется другой работы, какъ только усилія для приподниманія; этимъ упрощается надзоръ за производствомъ, такъ какъ результатъ такой операціи всегда опредѣленный.

Однако тяжелыя трамбовки не практичны: онѣ производятъ въ бетонѣ значительныя сотрясенія и могутъ вызвать разрывы сплошности въ тѣхъ частяхъ бетонной массы, которыя уже начали затвердѣвать.

Дѣйствительно, трамбованіе для достиженія цѣли вовсе не нуждается въ произведеніи эффектовъ, вызываемыхъ сильными ударами; цѣль достигается гораздо лучше большимъ числомъ болѣе слабыхъ ударовъ, достаточныхъ, однако, для равномернаго распредѣленія камней въ растворѣ и уплотненія его. Болѣе того, лучшая утрамбовка достигается утаптываніемъ массы ногами рабочихъ, обутыхъ въ деревянные башмаки.

Въ углахъ, куда трудно ввести обыкновенныя трамбовки, трамбованіе заканчивается помощью шестовъ, имѣющихъ къ толстому концу размѣръ отъ 0,06м. до 0,08м. въ сторонѣ.

Направленіе трамбованія. Бетонная отливка производится горизонтальными слоями; утрамбовка же направляется по вертикали.

Однако, когда стѣна наклонена, то и утрамбовка производится по слоямъ, перпендикулярнымъ къ обрѣзу стѣны, т. е. наклонно.

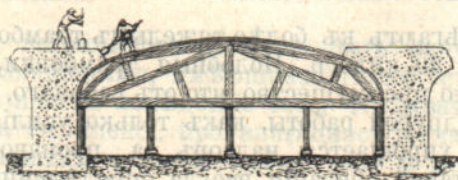


Фиг. 17.

Нѣкоторые инженеры рекомендуютъ производить трамбованіе и при отливкѣ сводовъ также наклонно, по слоямъ, нормальнымъ къ опалубкѣ ихъ кружалъ. Производя утрамбовку вертикально, мы бы получили (фиг. 17) выступы *bb* которые, затвердѣвши къ слѣдующему дню, разрушались бы при дальнѣйшемъ трамбованіи верхнихъ

слоевъ. Въ фортахъ Масскаго департамента было построено болѣе 1.000 сводовъ, причемъ ни разу не было констатировано этого послѣдняго недостатка, хотя трамбованіе велось по горизонтальнымъ слоямъ. Правда, было соблюдено то условіе, что отливка почти всѣхъ сводовъ заканчивалась вполнѣ въ теченіе одного дня.

Наконецъ, въ большихъ сводахъ, совѣтуютъ примѣнять (фиг. 18) двойное трамбованіе; послѣднее производится одновременно по двумъ направленіямъ: по горизонтальнымъ слоямъ и по направленію откоса.



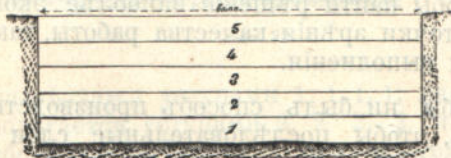
Фиг. 18.

Выполненіе работы горизонтальными слоями. Въ сооруженіяхъ изъ бетона всегда стремятся получить по возможности цѣльный монолитъ, уменьшая, насколько позволяютъ обстоятельства, число стыковъ.

Поэтому, работа ведется съ возможно большей скоростью; при нѣкоторыхъ особенно деликатныхъ конструкціяхъ, напр. сводахъ, работа продолжается даже ночью. Ночныя работы ведутся часто и при возведеніи обыкновенныхъ массивовъ въ фортификационныхъ сооруженіяхъ.

Однако, слѣдуетъ замѣтить, что во всякаго рода работахъ, даже въ тѣхъ, которыя необходимо заканчивать въ одинъ пріемъ, на каждомъ шагѣ возникаетъ масса различныхъ обстоятельствъ, прерывающихъ работу, какъ-то: прогуль времени рабочими, измѣнчивость погоды, остановки, причиняемая расположеніемъ и деталями массивовъ и т. д. И такъ какъ при подобныхъ условіяхъ невозможно избѣжать повторнаго наложенія слоевъ, то стараются по крайней мѣрѣ уменьшить число вертикальныхъ стыковъ, которые въ отношеніи силы сцѣпленія поставлены въ худшія условія, чѣмъ горизонтальные. Это то обстоятельство, въ связи съ необходимостью процесса трамбованія, и заставляетъ выполнять работу горизонтальными слоями.

Для примѣра, пусть имѣется массивъ длиной въ 60м., шириной 10м. и высотой въ 1,50м., который необходимо получить въ 5 дней, сооружая, значить, ежедневно по 180 куб. метровъ.



Фиг. 19.

Если работа будетъ вестись послѣдовательными слоями 1, 2, 3, 4, 5 (какъ показано на фиг. 19), по одному слою каждый день, то мы будемъ имѣть четыре горизонтальныхъ стыка, сумма площадей которыхъ будетъ равняться:

$$4 \times 60 \times 10 = 2400 \text{ квадр. метр.}$$



Фиг. 20.

Если же производить работу слоями въ 0,30м. уступообразно, разбивая массивъ на части 1, 2, 3, 4, 5, какъ показываетъ фиг. 20, то сумма площадей всѣхъ стыковъ будетъ слѣдующая:

Вертикальные стыки $4 \times 1,50 \times 10 = 60$ квадр. метр.

Горизонтальные „ $4 \times 4 \times 10 \times 0,30 = 48$ „ „

Всего 108 квадр. метр.

Этотъ послѣдній способъ работы, не смотря на то, что массивъ содержитъ вертикальные стыки, всетаки болѣе приближаетъ

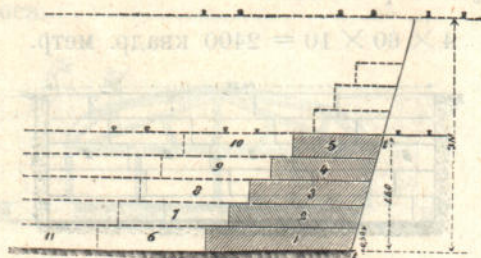
бетонъ къ природному монолиту; кромѣ того, такъ какъ въ послѣднемъ случаѣ сумма площадей всѣхъ стыковъ меньше, то это обстоятельство позволить отнести болѣе тщательно и къ сопряженію частей массива въ этихъ стыкахъ.

Въ отношеніи практическаго выполненія, между двумя этими приемами также существуетъ громадная разница. Первый приемъ требуетъ, чтобы вся масса бетона была подвергнута переборкѣ въ углубленіи (котлованѣ), такъ какъ доставка его можетъ производиться только по боковой вѣтви до краевъ этого котлована. Второй приемъ требуетъ только нѣсколько перестановокъ пути, пролагаемаго по самой постройкѣ и удлиняемаго по мѣрѣ того, какъ постройка воздвигается; переборка бетона является въ послѣднемъ случаѣ лишь по частямъ, такъ какъ почти вся масса доставляется прямо на мѣсто ея назначенія.

Каждый случай при работахъ слѣдуетъ разобрать во всей его полнотѣ, чтобы найти рѣшеніе наиболѣе экономичное и выгодное, какъ съ точки зрѣнія качества работы, такъ и со стороны практическаго ея выполненія.

Но, каковъ бы ни былъ способъ производства работъ, слѣдуетъ наблюдать, чтобы послѣдовательные слои сохраняли постоянно установленную толщину.

Толщина слоевъ измѣняется обыкновенно отъ 0,20м. до 0,30м. Въ Англіи, въ большихъ фундаментахъ, допускаютъ толщину даже въ 0,50м., но въ менѣе значительныхъ массивахъ и тамъ толщина эта уменьшается до 0,30м.

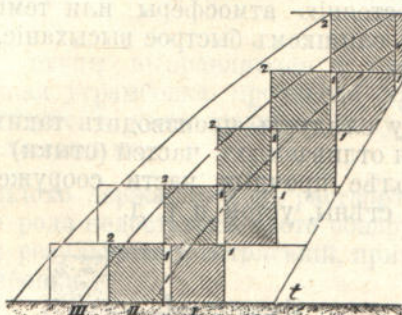


Фиг. 21.

Отливка бетона въ массивѣ производится по частямъ, толщиной отъ 1м. до 1,50м.; при толщинѣ 1,50м. каждая такая часть состоитъ изъ пяти слоевъ (фиг. 21). При такой системѣ работы, избѣгается необходимость прокладывать и разбирать постоянно подвозные пути; но чтобы этотъ приемъ былъ безукоризненнымъ, необходимо, чтобы каждая часть постели котлована была аккуратно выровнена, для чего бетонъ, выгружаемый на откосъ *tt*, приходится принимать лопатами.

По этому поводу важно обращать вниманіе на тотъ вредный

пріемъ, которымъ рабочіе, при неудовлетворительности надзора за ними или при недостаточности указаній для нихъ, склонны пользоваться: чтобы не перекладывать всей массы бетона, выгруженного на откосъ tt (фиг. 22), они вырѣзываютъ въ массѣ уступы, придающіе ей обманчивый видъ слоевъ въ 0,30м. толщиною.



Фиг. 22.

Масса I вырѣзается уступами 1, 1, 1, 1; масса II, выгружаемая позднѣе, располагается уступами 2, 2, 2, 2, и т. д. Эти уступы хорошо утрамбовываются (на фиг. они заштрихованы); но часть кладки (на фиг. не заштрихованная) избѣгаетъ дѣйствія надлежащей утрамбовки. При этомъ, соотвѣтственно тому, на сколько значительно будетъ количество бетона, выгружаемое при каждой операціи, настолько будетъ велика и часть массы, не подвергнутая надлежащему трамбованію.

На практикѣ, при сооруженіи толстаго массива, по которому устанавливается и подвозной путь, обыкновенно часть, возводимая заразъ, этого массива, не превышаетъ толщины 1,50м. При возведеніи бетоннаго массива частями, достигающими 3 — 4м. толщины, получаютъ неважные результаты. Монолитъ въ этомъ послѣднемъ случаѣ потерялъ бы часть своихъ хорошихъ качествъ, такъ какъ, при скользянн бетона на дно откоса, камни, отдѣляясь отъ общей массы раствора, нарушали бы однородность монолита; кромѣ того, такъ какъ большая часть бетона при этомъ скатывалась осталась бы приставшей по всей длинѣ откоса, то, прежде чѣмъ выровнять его и расположить въ горизонтальный слой, пришлось бы подвергнуть его еще одной или двумъ дополнительнымъ перекладкамъ.

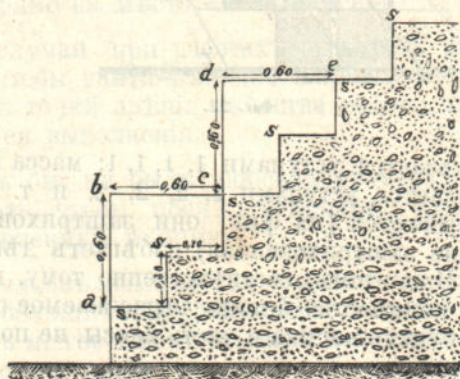
Иногда бетонъ, прежде чѣмъ прибыть на мѣсто назначенія, ведется по особому каналу, или протоку. Въ этомъ случаѣ на мѣстѣ его примѣненія бетонъ принимается лопатами и тщательно выравнивается, при чемъ въ его массу вводятся камни, отдѣлившіеся вслѣдствіе дѣйствія силы тяжести.

Резюмируя все вышесказанное, мы видимъ, что бетонъ долженъ доставляться на мѣсто своего назначенія, на сколько воз-

можно меньше подвергаясь переборкѣ или процессамъ, могущимъ измѣнить его качества. По этой причинѣ неслѣдуетъ также бросать бетонъ лопатами, съ большой высоты и незначительными количествами, на дно ямы или формы, которую онъ долженъ занять.

Наконецъ, въ первые дни сооруженіе слѣдуетъ часто поливать водой, если по состоянію атмосферы или температуры воздуха можно предвидѣть слишкомъ быстрое высыханіе, вызывающее растрескиваніе монолита.

Сопряженія. Отливку слѣдуетъ производить такимъ образомъ, чтобы мѣста сопряженія отливаемыхъ частей (стыки) приходились, по возможности, на болѣе прочныя части сооруженія, какъ то: глухія стѣны, опорныя стѣны, устои и т. д.



Фиг. 23.

Далѣе необходимо позаботиться, чтобы стыки частей, приготовленныхъ въ разное время, не лежали бы на одной вертикальной линіи.

Мѣста сопряженій располагаются ступенями ввидѣ лѣстницы. Эта форма предпочитается одному наклонному уступу; хотя послѣдній и обладаетъ меньшей величиной поверхности сопряженія, однако, если работа по соединенію частей массива была выполнена небрежно, онъ представить собой плоскость, благоприятную для возможнаго скольженія одной части по другой.

Уступы лѣстничнаго сопряженія обыкновенно имѣютъ высоту болѣшую, чѣмъ высота слоевъ; такъ, уступы профиля (фиг. 23) а, b, c, d имѣютъ 0,60м. въ основаніи и 0,60м. высоты. Это расположеніе имѣетъ цѣлью уменьшить число уступовъ, т. к. увеличеніе числа этихъ послѣднихъ приближаетъ общій характеръ профиля къ откосу; тѣмъ болѣе, что выдающіяся ребра s, s, s уступовъ представляютъ сравнительно слабыя части профиля, разрывающіяся на части во время исправленія, производимаго передъ накладкой новыхъ слоевъ бетона.

Въ сводахъ уступы вырѣзаются нормально къ внутренней поверхности свода.

При возобновленіи работъ, уступы чистятся и моются большимъ количествомъ воды; этой промывкой уносится особаго рода известковое молоко, постоянно появляющееся на поверхности бетона.

Затѣмъ, уступы выправляются, т. е. насѣкаются, такъ какъ предшествующая утрамбовка произвела вредное сглаживаніе поверхностей уступовъ, уменьшающее силу сцѣпленія ихъ съ частями выше лежащими.

Камни, плохо держащіеся въ растворѣ, вытаскиваются и удаляются; этого рода недостатокъ часто обнаруживается въ уступахъ: онъ является результатомъ сотрясеній, причиняемыхъ послѣдними ударами трамбовки.

Мѣста сопряженія покрываются слоемъ свѣжаго раствора, прежде чѣмъ на нихъ ляжетъ новый слой бетона; эта предосторожность имѣетъ цѣлью избѣжать непосредственнаго соприкосновенія камней новаго слоя съ камнями стараго.

Когда дѣло идетъ о сопряженіи съ массивомъ, приготовленнымъ сравнительно давно, то одного исправленія уступовъ недостаточно; приходится обнажать свѣжіе слои стараго бетона и даже нѣкоторыя части его выламывать совсѣмъ.

При тщательномъ выполненіи работъ въ мѣстахъ сопряженія различныхъ частей массива, однородность его можетъ считаться достигнутой.

Облицовки. Наружныя поверхности массива, при затвердѣваніи его, выходятъ тѣмъ аккуратнѣе, чѣмъ лучше устроены формы, въ которыхъ онъ затвердѣваетъ и чѣмъ бетонъ богаче мелкими элементами. Неаккуратныя, негладкія стѣнки покрываются обыкновенно слоемъ штукатурки. Часто эта штукатурка поверхностей достигается просто при помощи покрыванія ихъ густымъ цементнымъ молокомъ, разведеннымъ на водѣ.⁵

Слѣдуетъ указать на одинъ пріемъ, позволяющій, въ одно и тоже время, когда отливается бетонъ, устроить и облицовку очень удовлетворительнаго качества. При помѣщеніи бетона въ форму, рабочіе, вмѣсто того чтобы разравнивать всю массу его, бросаютъ полныя лопаты бетона къ стѣнкамъ формы. Камни при этомъ отскакиваютъ и отодвигаются во внутрь формы, а растворъ скучивается вблизи стѣнокъ, образуя облицовку. Однако, этимъ способомъ слѣдуетъ пользоваться съ осторожностью: примѣненный не надлежащимъ образомъ онъ можетъ повредить однородности монолита.

Этотъ пріемъ примѣняется съ успѣхомъ при изготовленіи

искусственных массивовъ для морскихъ сооружений, гдѣ, дѣйствительно, необходимо, чтобы лицевыя части этихъ массивовъ были непременно сплошными.

Иногда для наружной части массива употребляется бетонъ, болѣе богатый растворомъ. Эта система въ большомъ ходу въ Англіи, гдѣ принято примѣнять при постройкахъ два сорта бетоновъ. Внутренняя часть массива выливается изъ пористаго бетона, тогда какъ наружная часть—облицовка, толщиной отъ 0,10м. до 1м. (смотря по назначенію сооруженія), состоитъ изъ плотнаго бетона; этотъ послѣдній, смотря по обстоятельствамъ, дѣлается, проницаемымъ или непроницаемымъ для воды. Отливка обѣихъ массъ совершается одновременно. Тонкій желѣзный листъ отдѣляетъ въ началѣ оба бетона; когда же одинъ слой въ 0,30м. толщиной положенъ на мѣсто, листъ вынимаютъ и оба бетона, находящіеся еще въ тѣстообразномъ состояніи, спаиваются между собою трамбованіемъ.

Иногда облицовочный бетонъ примѣняется послѣ окончанія самой постройки; этотъ способъ облицовки несовершененъ, такъ какъ никогда не даетъ прочнаго сцѣпленія между стѣной и облицовкой.

Въ главѣ X мы дадимъ нѣкоторыя указанія касательно изготовления штукатурокъ.

ГЛАВА VI.

Пропорціи составныхъ частей, выходъ тѣста, сопротивленія.

§ 1.

Пропорціи составныхъ частей.

Два рода бетоновъ. Когда предстоитъ какая нибудь работа по бетону, строитель долженъ отыскать надлежащую пропорцію составныхъ частей бетона, всего лучше отвѣчающую заданной цѣли. Эта цѣль почти во всѣхъ случаяхъ опредѣляется сопротивленіемъ, которымъ долженъ обладать массивъ.

Возможно также, что встрѣтится и второе важное условіе; именно, условіе *непроницаемости* если отъ постройки требуется, чтобы она преграждала доступъ воды.

Если отъ бетона исключительно требуется, чтобы онъ удовлетворялъ условіямъ прочности, то составленіе его можетъ производиться двояко:

1°. Пустоты остова только отчасти заполняются растворомъ: тогда получается *пористый* бетонъ.

2°. Пустоты остова вполнѣ заполняются растворомъ: тогда получается *плотный* бетонъ.

Бетоны того и другого рода могутъ дать одинаковыя сопротивленія, если пористый бетонъ содержитъ въ себѣ растворъ, болѣе богатый цементомъ. Въ послѣднемъ случаѣ они могутъ даже обладать одинаковой стоимостью, такъ какъ болѣе дорогой растворъ въ пористомъ бетонѣ примѣняется въ меньшемъ объемѣ.

Бетонъ съ полнымъ заполненіемъ пустотъ предпочтительнѣе во всѣхъ отношеніяхъ. Въ такомъ случаѣ можно больше ручаться за однородность, такъ какъ растворъ проникаетъ всю массу, не образуя большихъ скопленій его къ ущербу сосѣднихъ частей, гдѣ могутъ образоваться большія пустоты; этимъ обезпечивается также и равномерность сопротивленія по всей массѣ бетона. Наконецъ, такъ какъ вода не можетъ проникнуть внутрь, постройка изъ плотнаго бетона защищена отъ вреднаго вліянія переменъ температуры и морозовъ.

Однако многіе англійскіе инженеры не держатся этого мнѣнія. Какъ мы уже видѣли въ концѣ предыдущей главы, они вводятъ во внутрь массива пористый бетонъ, пользуясь плотнымъ бетономъ только для облицовки. Они уменьшаютъ въ этомъ пористомъ бетонѣ пропорцію песка, съ цѣлью уменьшить сумму поверхностей въ швахъ; и такимъ образомъ они получаютъ, при той же самой пропорціи цемента, сопротивленія большія, чѣмъ сопротивленія плотнаго бетона.

Тѣмъ не менѣе, опираясь на соображенія, приводимыя выше, является болѣе предпочтительнымъ избѣгать этотъ искусственный приемъ и употреблять въ дѣло плотные бетоны, нѣсколько увеличивая дозу цемента, или даже довольствуясь той же дозой и, слѣдовательно, сопротивленіемъ, хотя теоретически нѣсколько меньшимъ, но на дѣлѣ превышающимъ даже требованія практики. Дѣйствительно, если при англійскомъ способѣ облицовка хоть немного прорвется, внутренняя масса бетона подвергнется вредному дѣйствію атмосферныхъ перемѣнъ и дѣйствію просачиванія, если сооруженіе находится въ водѣ.

Короче говоря, какъ бы ни былъ приготовленъ пористый бетонъ, его не слѣдуетъ примѣнять; къ такому бетону, можно прибѣгнуть лишь въ крайности, подъ давленіемъ необходимости. Иногда къ нему бываютъ вынуждены прибѣгнуть въ случаѣ сильной дороговизны песка, или если работа должна быть произведена на экономическихъ началахъ. Такъ, въ нѣкоторыхъ мѣстностяхъ устраиваются сараи, стѣны оградъ и т. д. изъ бетона, въ которомъ содержаніе раствора доведено до строгаго minimum'a.

Вообще же говоря, почти во всѣхъ случаяхъ слѣдуетъ примѣнять плотный бетонъ, пустоты котораго должны быть вполне заполнены.

Въ виду этого, прежде всего является вопросъ, какъ опредѣлить объемъ пустотъ въ данномъ балластѣ.

Объемъ пустотъ въ балластѣ. Камни помѣщаются въ сосудъ извѣстной емкости, и верхняя ихъ поверхность выравнивается. Края сосуда приводятся въ горизонтальную плоскость, послѣ чего его наливаютъ водой до тѣхъ поръ, пока послѣдняя не станетъ выливаться черезъ края. Если емкость пустого сосуда равна гектолитру, то число влитыхъ литровъ воды въ сосудъ, наполненный камнями, покажетъ процентное отношеніе объема пустотъ ко всему объему.

Пустоты опредѣляются также помощью взвѣшиванія опредѣленнаго объема камней; въ этомъ случаѣ, для рѣшенія задачи необходимо знать удѣльный вѣсъ этихъ камней.

Первый приемъ употребительнѣе, тѣмъ болѣе, что для образования балласта часто смѣшиваются камни, различные по своей природѣ и, слѣдовательно, по удѣльному вѣсу.

Передъ опредѣленіемъ пустотъ въ балластъ, камни должны быть пропитаны водой, такъ какъ цѣлью задачи ставится опредѣленіе лишь видимыхъ пустотъ.

Въ лабораторіяхъ балластъ взвѣшивается. Эта предосторожность въ большинствѣ случаевъ имѣетъ только чисто научный интересъ; она дѣлаетъ возможнымъ вторичное изготовленіе бетона, вполне идентичнаго по составу съ первоначальнымъ, что позволяетъ съ большей увѣренностью сравнивать результаты опытовъ между собой.

Опредѣленіе вѣса балласта полезно еще и въ другомъ отношеніи; этотъ вѣсъ играетъ роль въ вычисленіяхъ, касающихся устойчивости сооруженія; однако, въ этомъ случаѣ предпочитаютъ охотнѣе и точнѣ производить это опредѣленіе надъ окончательнымъ продуктомъ, взвѣшивая образчикъ готоваго бетона.

Въ отношеніи пустотъ различные матеріалы можно приблизительно классифицировать такимъ образомъ:

Круглые валуны разныхъ размѣровъ	33% и до 40%
Круглые валуны одинаковыхъ размѣровъ	40% „ „ 44%
Щебень (битый камень) разныхъ размѣровъ	44% „ „ 50%
Щебень одинаковыхъ размѣровъ	48% „ „ 56%

Ниже помѣщена табличка, составленная заводомъ въ Ніелѣ и имѣющая особенную важность для Бельгіи.

Родъ балласта.	Толщина въ миллиметрахъ.	Вѣсъ 1 куб. метра.		Пустоты балласта.		Замѣчанія.
		въ сухомъ видѣ.	въ пропи- танномъ водой.	въ сухомъ видѣ.	въ пропи- танномъ водой.	
		килогр.	килогр.			
Раздробленный Ивуарскій песчаникъ	2 до 20 мм.	1390	1440	56%	51%	—
Лессинскій порфиръ	2 до 15 „	1440	1490	55%	50%	—
Старый кирпичный ще- бень	20 до 70 „	1000	1070	54%	47%	—
Klampsteen de Boom (нов. кирпич. щебень)	20 до 70 „	880	990	57%	46%	—
Тоже	5 до 25 „	1040	1150	61%	50%	—
Paddesteen de Boom (нов. кирпич. щебень)	20 до 70 „	850	920	52%	45%	—
Крупный голландскій гра- вий	5 до 50 „	1620	1650	42%	39%	—
Рейнскій гравій (какой угодно)	0 до 25 „	1660	1698	38%	36%	—
Масскій и Уртскій пе- сокъ	0 до 20 „	1650	1700	38%	35%	—
Валуны	20 до 60 „	1630	1670	40%	38%	—

Относительныя пропорціи раствора и валуновъ. — Когда пустоты балласта опредѣлены, необходимо для фабрикаціи плотнаго бетона ввести количество раствора нѣсколько большее противъ того, которое отвѣчаетъ найденнымъ пустотамъ.

Дѣйствительно, при смѣшеніи раствора съ камнемъ, зерна песка, располагаясь между камнями, разъединяють эти послѣдніе другъ отъ друга, обуславливая такимъ образомъ увеличеніе объема пустотъ; чѣмъ крупнѣе песокъ, тѣмъ это явленіе наблюдается рѣзче.

Растворъ въ моментъ своего приготовленія обладаетъ извѣстной консистенціей; введенный же въ монолитъ, онъ уменьшается въ объемѣ подъ вліяніемъ трамбованія.

Успѣшное выполненіе хорошихъ облицовокъ также говоритъ въ пользу избытка раствора.

Этотъ избытокъ раствора, наконецъ, прямо необходимъ въ бетонахъ, выливаемыхъ подъ водой, чтобы уменьшить дѣйствіе размыванія.

Короче говоря, въ зависимости отъ величины пустотъ балласта и принимая въ соображеніе вышеизложенныя замѣчанія, можно до безконечности комбинировать относительныя количества раствора и камней въ бетонѣ, но на практикѣ, въ видахъ избѣжанія излишней сложности, берутся только простыя и строго опредѣленныя отношенія между этими количествами.

Эти обычныя отношенія суть слѣдующія:

2 объема раствора на 3 объема камней.

2 объема раствора на 4 объема камней.

2 объема раствора на 5 объемовъ камней.

Пропорція $2:3=66.66:100.00$ во всѣхъ случаяхъ гарантируетъ совершенное заполненіе пустотъ: это обычная пропорція для бетоновъ, употребляемыхъ въ морскихъ сооруженіяхъ; она же примѣняется и въ большинствѣ прочихъ работъ.

Пропорціи $2:4=50:100$ и $2:5=40:100$ не всегда позволяютъ ручаться за полную компактность монолита.

Обыкновенно не принято спускаться ниже отношенія $2:5$.

Бельгійск. „Genie militaire“ даетъ относительно пропорцій раствора и камней слѣдующее простое и практическое правило:

„Кадку извѣстной емкости, не дающую течи, наполняютъ камнями, которыми придется пользоваться; затѣмъ, калиброванной заранее мѣркой начинаютъ лить на камни воду, пока жидкость не достигнетъ краевъ кадки. Объемъ воды, израсходованный для

этого и увеличенный не меньше чѣмъ на $\frac{1}{3}$ своей величины, дать объемъ раствора, потребный для заполнения пустотъ въ бетонѣ на количество камней, содержащихся въ кадкѣ. Изъ этихъ данныхъ и выводятся пропорціи элементовъ бетона на 1 куб. м. его. Если послѣ опыта окажется, что это количество раствора очень мало, его можно увеличить; но, въ большинствѣ случаевъ, оно не превышаетъ полуторнаго объема воды“.

Составъ бетоновъ въ зависимости отъ ихъ сопротивленія. Читатель вправе задать вопросъ: насколько, при постоянной дозѣ цемента на 1 куб. м. употребленнаго въ дѣло бетона, относительное содержаніе раствора влияетъ на величину сопротивленія этого бетона?

Опыты, имѣющіе связь съ этимъ вопросомъ, слишкомъ мало-численны, чтобы позволить вывести изъ нихъ какое либо определенное заключеніе. Имѣются лишь опыты Кандло (Candlot), изучавшаго сопротивленія различныхъ бетоновъ, подвергаемыхъ сжатію. Диаграмма, относящаяся къ этимъ опытамъ (см. фиг. 24 стр. 132), позволяетъ установить пока слѣдующіе принципы:

Для бетоновъ, съ содержаніемъ отъ 100 до 270 килогр. цемента на 1 куб. м. (утрамбованный), maximum сопротивленія отвѣчаетъ пропорціи 2:3.

Свыше 270 килогр. цемента на 1 куб. м., maximum достигается пропорціей 2:4.

Пропорція 2:5 даетъ болѣе слабыя сопротивленія на всемъ протяженіи диаграммы, исключая предѣловъ, заключающихся между 100—150 килогр. цемента, гдѣ она повидимому даетъ большія сопротивленія, чѣмъ въ тѣхъ же предѣлахъ пропорція 2:4.

Вообще считается, что, во всѣхъ случаяхъ, пропорція 2:5 хуже пропорціи 2:3. Но это положеніе противорѣчитъ англійскимъ теоріямъ.

Мы считаемъ, что опыты Кандло, какъ систематично и рационально веденные и обнимающіе собой всю сущность вопроса, могутъ служить хорошимъ указаніемъ при установленіи пропорцій.

Зная усилія, дѣйствующія въ проектируемомъ сооруженіи, изъ вышеуказанной диаграммы можно получить требуемое содержаніе цемента на одинъ куб. метръ бетона.

Таковы главныя указанія, которыми должно руководствоваться при изученіи пропорцій.

Однако, лучше всего убѣдиться въ сопротивленіи помощью специальныхъ опытовъ надъ бетонами, которые пойдутъ въ дѣло; результаты такихъ опытовъ позволяютъ, сверхъ того, установить вполне точно стоимость производства при данной производительности.

Къ несчастью, такіе опыты рѣдко выполнимы; масса причинъ мѣшаетъ этому.

Чтобы хоть отчасти избѣжать этого неудобства и облегчить составленіе подходящей къ обстоятельствамъ смѣси, табличка, помѣщенная въ приложеніи къ этой книгѣ, даетъ нѣкоторыя пропорціи, относящіяся къ различнаго рода сооруженіямъ. При небольшомъ навыкѣ, можно ею пользоваться и примѣнять, съ небольшими измѣненіями, во всѣхъ случаяхъ практики.

Водонепроницаемые бетоны.—Для полученія водонепроницаемыхъ бетоновъ не слѣдуетъ спускаться ниже пропорціи 2 : 3.

Если бетонъ долженъ быть погруженъ въ воду, то повышаютъ, въ иныхъ случаяхъ, пропорцію до 3 : 4; въ текучей водѣ были даже случаи примѣненія бетоновъ, состоящихъ изъ двухъ частей раствора на одну часть валуновъ.

Растворъ долженъ быть непроницаемымъ; теоретическая доза цемента должна быть увеличена, что бы уменьшить дѣйствіе размыва и обезпечить надлежащее сцѣпленіе между зернами песка и валунами, такъ какъ не слѣдуетъ забывать, что эти послѣдніе должны быть окружены пленкой цементнаго тѣста.

Въ морскихъ сооруженіяхъ, долженствующихъ быть непременно водонепроницаемыми, содержаніе цемента всегда увеличивается; однако, слѣдуетъ замѣтить, что вообще во всѣхъ сооруженіяхъ, подверженныхъ дѣйствію воды, цементные растворы и бетоны обладаютъ свойствомъ быстро затягиваться непроницаемой коркой, при условіи, разумѣется, что они содержатъ надлежащее количество цемента.

Для приготовленія водонепроницаемыхъ бетоновъ, въ Англіи руководствуются слѣдующимъ правиломъ: „Объемъ песка и цемента, взятыхъ вмѣстѣ, долженъ измѣняться между половиной и третью объема приготовленнаго изъ нихъ бетона; объемъ песка, отдѣльно взятый, не долженъ превосходить объема цемента болѣе, чѣмъ въ два раза. Количество воды должно быть около 1 куб. метра на $6\frac{1}{2}$ —8 куб. метровъ бетона“.

§ 2.

Выходъ бетона.

Важность этого вопроса. Подъ выходомъ бетона разумѣется отношеніе, существующее между объемомъ утрамбованнаго бетона и объемомъ всѣхъ матеріаловъ, идущихъ на его изготовленіе.

Напримѣръ, сколько получится куб. метровъ бетона, если смѣшать 2 куб. метра раствора съ 3 куб. метрами валуновъ?

Выходъ бетона является исходной точкой при составленіи пропорцій.

Онъ позволяетъ инженеру установить рациональныя цѣны и опредѣлить количество цемента на куб. метръ бетона. Только выходъ бетона даетъ подрядчику возможность установить, во что ему самому обойдется бетонъ и получить цифры, касающіяся различныхъ сторонъ подряда.

Итакъ, знакомство съ выходомъ бетона является важнымъ вопросомъ. Чтобы установить точно его величину, необходимо идти исключительно опытнымъ путемъ.

Казалось бы, что опредѣленіе пустотъ валуновъ могло-бы дать достаточныя для этого указанія; однако, это не такъ, ибо на выходъ бетона еще оказываютъ вліяніе степень утрамбовки бетона, природа составляющихъ его элементовъ, величина зеренъ песка, а также количество воды, употребляемой для фабрикаціи.

Такъ какъ производить испытанія не всегда бываетъ возможно, то читатель можетъ, съ приближеніемъ отъ 3% до 4%, пользоваться слѣдующими данными, подъ которыми легко подвести всѣ случаи, встрѣчающіеся въ практикѣ:

ТАБЛИЦА ВЫХОДА БЕТОНА.

Пропорціи.	2 объема раствора, смѣшанные съ:	Одинъ кубическій метръ камней даетъ бетона, смотря по составу этого послѣдняго.			
		Круглые валуны.		Раздробленные камни.	
		Разной велич.	Одинак. вел.	Разной велич.	Одинак. вел.
2:3	3 объемами камней	1,350 куб. м.	1,320 куб. м.	1,250 куб. м.	1,220 куб. м.
2:4	4 " "	1,220 "	1,160 "	1,100 "	1,080 "
2:5	5 " "	1,080 "	1,040 "	1,000 "	1,000 "

Покажемъ примѣненіе этой таблицы:

1-й примѣръ. Какъ рассчитать количество матеріаловъ, которыми надо запастись, если требуется приготовить 1.000 куб. метровъ бетона, при составѣ его: 2 части по объему раствора и 3—валуновъ?

Въ случаѣ пропорціи 2 : 3 таблица показываетъ, что куб. метръ круглыхъ валуновъ даетъ 1,350 куб. метр. бетона; значитъ, надо имѣть въ нашемъ случаѣ:

$$\frac{1000}{1,350} = 740 \text{ куб. метр. валуновъ.}$$

Если воспользоваться щебнемъ (битымъ камнемъ) одинаковыхъ размѣровъ, тогда надо имѣть:

$$\frac{1000}{1,220} = 820 \text{ куб. метр. камней.}$$

Такъ какъ каждый куб. метръ круглыхъ валуновъ долженъ быть смѣшанъ съ $\frac{2}{3}$ или 0.666 куб. метр. песку, то придется за-
пастись:

$$740 \text{ куб. метр.} \times 0,666 = 493 \text{ куб. метрами песка.}$$

Предполагають, и это предположеніе, отнесенное къ обычнымъ на практикѣ пропорціямъ, оправдывается, что цементъ проникаетъ въ пустоты песка, не увеличивая объема послѣдняго. Однако этотъ взглядъ вѣренъ лишь до цифры 500 килогр. (приблизительно) содержанія цемента на 1 куб. метръ песка.

Вообще-же берутъ камней нѣсколько болѣе и песку нѣсколько менѣе, чѣмъ то указывается вычисленіемъ, такъ какъ съ одной стороны всегда существуетъ естественное стремленіе усилить дозу валуновъ, а съ другой стороны песокъ стремится нѣсколько уплотниться (осѣдаетъ) во время фабрикаціи раствора. Одинъ куб. метръ песка обыкновенно даетъ отъ 1,050 до 1,100 куб. метровъ раствора.

Установивши вышеуказанныя данныя, подрядчикъ долженъ опредѣлить, во что ему обойдется стоимость всего производства, принимая во вниманіе количество продуктовъ драгировки, какъ это было указано въ III главѣ.

Отсюда же онъ выведетъ, какое количество цемента ему понадобится.

2-й примѣръ. Требуется приготовить бетонъ, содержащій 175 килогр. цемента на 1 утрамбованный куб. метръ его.

Положимъ, что бетонъ готовится изъ щебня одинаковой величины кусковъ, и составъ его 2:3.

Изъ таблички видно, что 0,666 куб. метр. раствора даютъ 1,220 куб. метр. бетона; эти 1,220 куб. метр. бетона должны, по заданію, содержать въ себѣ $1,220 \times 175$ килогр. = 213,500 килогр. цемента. Если 0,666 куб. метр. раствора содержатъ 213,500 килогр. цемента, то доза цемента на куб. метръ песка будетъ:

$$\frac{213,500 \text{ килогр.} \times 1,000}{0,666} = 320 \text{ килогр. цемента.}$$

Примѣчаніе. Въ нѣкоторыхъ подрядныхъ условіяхъ пропорціи обозначаются въ частяхъ цемента, песка и камней; однако, всегда

легко обратить части цемента и песка въ часть, соотвѣтствующую раствору и эту послѣднюю сравнивать съ частью камней; тогда можно будетъ съ достаточнымъ приближеніемъ интерполировать по этому рецепту въ вышеприведенной таблицѣ.

Но опять повторяемъ: при сооруженіяхъ, имѣющихъ важное значеніе, слѣдуетъ произвести цѣлый рядъ непосредственныхъ испытаній и изъ нихъ взять средній выводъ.

§ 3.

Сопротивленія.—Различные коэффиціенты.

Трудности вопроса.—Упругость. Явленія, относящіяся къ сопротивленію бетоновъ, очень мало извѣстны.

Чтобы дать понятіе о сущности этого вопроса и трудностяхъ связанныхъ съ его изученіемъ, намъ необходимо вспомнить нѣкоторые факты изъ ученія объ упругости.

Если растягивать прочный и однородный стержень по направлению его длины, то онъ удлинится на нѣкоторую величину. Пусть у насъ имѣется стержень, съ поперечнымъ сѣченіемъ въ 1 кв. миллиметръ и длиной въ 1 метръ, къ свободному концу котораго привѣшенъ грузъ въ 1 килогр., производящій удлиненіе на 0,5 миллим.

Если удвоить грузъ, удлиненіе тоже увеличится вдвое; если утроить грузъ, и удлиненіе будетъ втрое больше и т. д.

Этотъ законъ выражается такъ: *величины деформаций пропорціональны величинамъ силъ, ихъ вызывающихъ.*

Однако наступаетъ, наконецъ, моментъ, когда законъ этотъ становится непримѣнимымъ. Въ нашемъ примѣрѣ, если продолжать дальше опытъ, мы замѣтимъ, что при нѣкоторой нагрузкѣ, пусть это случится, на примѣръ, при 10 килогр., удлиненіе не составитъ болѣе $10 \times 0,0005 \text{ м.} = 0,005 \text{ м.}$, а будетъ, можетъ быть, около 7 миллим., т. е. удлиненіе станетъ возрастать скорѣе, чѣмъ нагрузка.

Тогда говорятъ, что *перейденъ предѣлъ упругости.*

Опыты установили этотъ предѣлъ, также какъ и коэффиціентъ упругости, для всѣхъ однородныхъ тѣлъ—дерева разныхъ сортовъ, металловъ и т. д., но для предѣла упругости каменныхъ сооружений, растворовъ и бетоновъ данныхъ этого рода очень мало или почти не имѣется.

Таково первое затрудненіе, мѣшающее надлежащему разрѣшенію проблемъ, касающихся сопротивленія бетоновъ; дѣйствительно, извѣстно, что формулы сопротивленія матеріаловъ примѣ-

няются лишь въ тѣхъ границахъ, когда не перейдены предѣлы упругости. А въ данномъ случаѣ, эти предѣлы неизвѣстны.

Затѣмъ, вотъ и второй камень преткновенія.

Если стержень, взятый нами для примѣра, вмѣсто растяженія будетъ подвергнутъ сжатію, то онъ станетъ уменьшаться въ длину; деформаціи, вызываемыя сжатіемъ, будутъ происходить по тому же закону, приведенному выше, вплоть до предѣла упругости. Кромѣ того, для равныхъ нагрузокъ деформаціи отъ сжатія будутъ одинаковы, но знакъ ихъ будетъ обратный, чѣмъ у деформацій отъ растяженія: словомъ, коэффициенты упругости для растяженія и сжатія для однородныхъ тѣлъ почти всегда равны.

Для каменныхъ сооружений найдено, что этотъ послѣдній законъ не примѣнимъ и явленія, сопровождающія сжатіе и растяженіе, совершенно различны. Отсюда вытекаетъ, что бетоны требуютъ нахожденія какъ тѣхъ, такъ и другихъ коэффициентовъ упругости.

Обычныя формулы становятся къ нимъ трудно примѣнимыми, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда бетонъ подвергается одновременно и сжатію и растяженію.

Такой случай представляется при вычисленіи на изгибъ, когда обычныя формулы становятся непригодными, такъ какъ въ нихъ входитъ только одинъ коэффициентъ для усилій обоого рода.

Итакъ, мы видимъ, что вопросъ, относящійся къ опредѣленію сопротивленія бетоновъ, обставленъ массою затрудненій. Тѣмъ не менѣе мы изложимъ его въ главныхъ чертахъ, съ сожалѣніемъ указывая на невозможность болѣе основательнаго практическаго освѣщенія.

Коэффициенты раздавливанія и разрыва. Для сужденія о сопротивленіи бетона строитель располагаетъ только точнымъ знаніемъ величинъ однихъ коэффициентовъ раздавливанія или разрыва, т. е. ему извѣстны величины силъ, производящихъ разрушенія монолита. Коэффициенты раздавливанія и разрыва не имѣютъ ничего общаго съ коэффициентами упругости, которые одни только и входятъ въ уравненія сопротивленія матеріаловъ.

Коэффициенты раздавливанія или разрыва опредѣляются изъ опытовъ.

Нахожденіе этихъ коэффициентовъ не легко, такъ какъ величина ихъ мѣняется съ составомъ бетона; однако, при проектированіи важныхъ сооружений, необходимо прибѣгать къ опредѣленію ихъ.

Въ обычныхъ же случаяхъ, можно просто удовольствоваться извѣстными практическими результатами, добытыми при другихъ работахъ. Къ несчастью, эти послѣдніе результаты немногочисленны

и часто далеко не полны. Иногда не отмѣченъ возрастъ бетона; иногда пропорція неясно указана; наконецъ, и матеріалы—известь, цементъ, песокъ и т. д. не представляютъ постоянства качествъ.

Прежде чѣмъ идти далѣе, мы должны еще замѣтить, что лабораторные опыты слѣдуетъ производить не только надъ бетонами, но и надъ растворами, которые послужили для приготовленія ихъ. Сравненіе результатовъ этихъ испытаній, безъ сомнѣнія, позволило бы установить какіе-либо простые законы, которые дали бы возможность съ болѣею увѣренностью приступить къ изученію явленій, относящихся до сопротивленія бетоновъ.

Сопротивленіе растяженію. Въ лабораторіяхъ бетоны обыкновенно не подвергаются испытанію на растяженіе или разрывъ, такъ какъ подобнаго рода сопротивленія, можно сказать, никогда бетону не приходится проявлять въ каменныхъ сооруженіяхъ. Силы растягивающія въ массивахъ всегда сочетаются съ силами сжимающими; совокупность такихъ силъ разсматривается въ случаѣ сопротивленія на изгибъ.

Растворы же, отдѣльно взятые, подвергаются испытанію на растяженіе; эти опыты, вообще говоря, представляющіе чисто научный интересъ, часто бываютъ полезны для практики, такъ какъ они позволяютъ съ помощью нѣкотораго коэффиціента получить, путемъ вычисленія, величину сопротивленія тѣхъ-же самыхъ растворовъ при сжатіи.

Для производства опытовъ готовятъ изъ раствора брикеты особой формы, приданной имъ и сохраняемой за ними въ силу извѣстныхъ соображеній.

Эти брикеты, которымъ обыкновенно придается форма восьмерки, захватываются двумя зажимами и подвергаются, по ихъ оси, дѣйствію непрерывно возрастающей, растягивающей силы. Одинъ зажимъ неподвиженъ, а другой движется подъ дѣйствіемъ приложенной силы. Приспособленій этого рода существуетъ много различныхъ типовъ.

Испытаніе даетъ нагрузку, отвѣчающую разрыву образца. Дѣла нагрузку, выраженную въ киллогр., на число квадратныхъ сантиметровъ сѣченія, получаютъ коэффиціентъ разрыва отъ растяженія.

Если бrikетъ, сѣченіемъ въ 5 кв. сант., разрывается подъ дѣйствіемъ силы въ 100 киллогр., то коэффиціентъ разрыва будетъ:

$$\frac{100}{5} = 20 \text{ киллогр. на 1 кв. сант.}$$

Въ каменныхъ сооруженіяхъ коэффиціенты всегда расчитываются на 1 кв. сантиметръ.

Мы не станемъ выписывать здѣсь результатовъ, относящихся къ сопротивленію на растяженіе растворовъ; ихъ можно найти въ изобиліи въ каждомъ техническомъ отчетѣ и заводскихъ объявленіяхъ.

Сопротивленіе сжатію.—Испытанія надъ сопротивленіемъ сжатію или раздавливанію имѣютъ наибольшій практической интересъ, такъ какъ каменные постройки почти всегда должны оказывать именно этого рода сопротивленіе.

Въ прежнее время, эти испытанія мало практиковались въ лабораторіяхъ по причинѣ дорого стоящихъ приборовъ. Въ теченіе долгаго времени вычисляли для растворовъ величину коэффициента раздавливанія по коэффициенту растяженія. Изъ цѣлаго ряда наблюденій старались найти эту зависимость, и оказалось, что растворы портландскаго и шлаковаго цемента обладаютъ коэффициентомъ сжатія равнымъ коэффициенту растяженія, умноженному на число, заключающееся между 5 и 10; этотъ множитель увеличивается вмѣстѣ съ содержаніемъ цемента въ растворѣ.

Нынѣ производятся непосредственныя испытанія надъ раздавливаніемъ растворовъ. Испытанія же надъ бетонами, въ этомъ отношеніи, до сихъ поръ рѣдки.

Испытуемому образцу придается форма куба или прямой призмы съ квадратнымъ основаніемъ; его помѣщаютъ между двумя площадками, одна изъ которыхъ движется подъ дѣйствіемъ нагрузки, передающей ей помощью рычага или гидравлическаго пресса.

Процессъ сдавливанія прекращается при появленіи первыхъ слѣдовъ дезагрегаціи продукта, т. е. какъ только начнутъ появляться трещины; дальнѣйшее продолженіе опыта лишено всякаго интереса.

Испытуемые образцы бетона должны имѣть не менѣе 0,10м. въ сторонѣ кубика; кубики раствора приготавливаются меньшихъ размѣровъ.

Коэффициентъ прочности (безопасности). Полученный коэффициентъ раздавливанія бетона слѣдуетъ значительно уменьшить, дабы возможно было спокойно вводить его при расчетахъ сооруженій. Уменьшенный коэффициентъ раздавливанія носитъ названіе *коэффициента прочности (безопасности)*. Обыкновенно послѣдній принимаютъ равнымъ $\frac{1}{10}$ перваго. Такой запасъ прочности обусловливается тѣмъ, что приходится принимать въ соображеніе непрерывность дѣйствія силъ, имѣющихъ мѣсто въ сооруженіи, неоднородность матеріала, естественные недостатки, плохія качества работы, дѣйствіе ударовъ, сотрясеній и т. д. Бетонъ, раздавливаемый подъ дѣйствіемъ нагрузки въ 200 килогр. на 1 кв. сант., считается

способнымъ подвергаться непрерывному дѣйствію безопасной нагрузки, равной:

$$\frac{200}{10} = 20 \text{ килогр.}$$

Въ слѣдующей таблицѣ помѣщены нѣкоторые результаты, добытые при официальныхъ испытаніяхъ, произведенныхъ въ Люттихѣ на пушечно-литейномъ заводѣ. Эта таблица, кромѣ того, показываетъ намъ, какую важную роль играетъ въ дѣлѣ сопротивленія природа песка.

Масскіе бетоны съ галунами отъ 0,02 м. до 0,06 м.			
Количество цемента на 1 куб. м. бетона.	Мѣсторожденіе песка.	Сопротивленіе раздавливанію.	ПРИМѢЧАНІЯ.
килогр.		килогр.	
190	Эско. . . .	{ 105 70	Бетоны, возрастомъ около одного года.
190	Маасъ	{ 202 210 215	Масскій песокъ представляетъ собою гравій, величиной отъ 0,00 м. до 0,02 м.
320	Эско. . . .	{ 130 134 150	Песокъ Эско принадлежитъ къ числу мелкихъ.
320	Маасъ	{ 285 320	

„Бетонъ, составленный изъ одной части цемента и 6 частей рейнскаго гравія, спустя 3 мѣсяца по изготовленіи, обнаружилъ сопротивленіе въ 75 килогр. на 1 кв. сант. Бетонъ изъ 2 частей цемента, 6 песку и 2 кирпичнаго щебня, спустя 6 мѣсяцевъ по изготовленіи, обнаружилъ сопротивленіе сжатію въ 125 килогр. на 1 кв. сант.“ (Expériences d'Anvers 1886 г.).

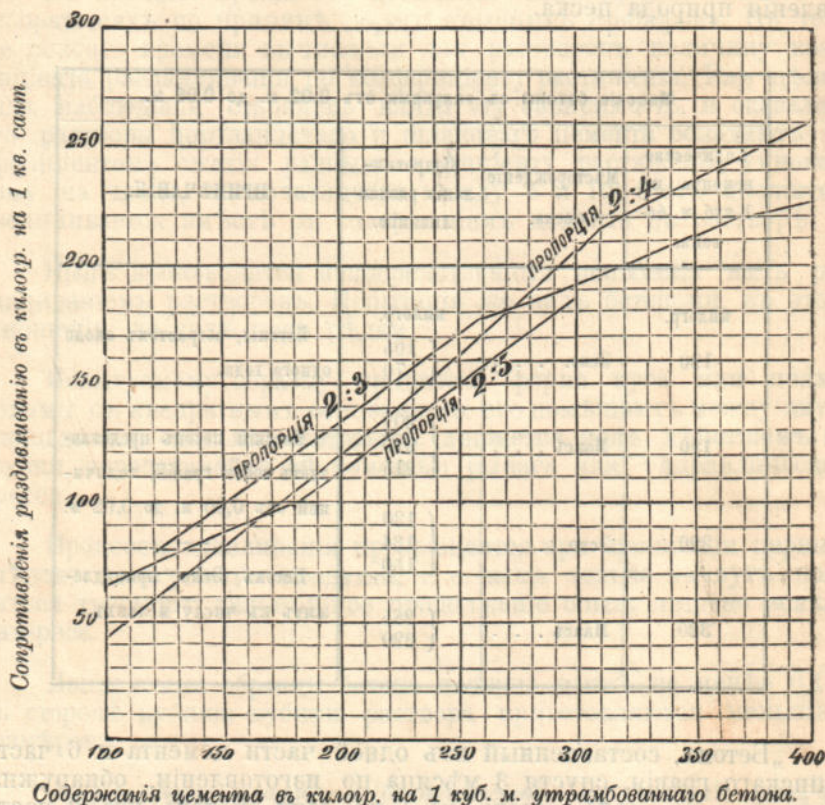
Опыты надъ сопротивленіемъ бетоновъ вообще производились до сихъ поръ очень рѣдко и несовершенно; въ этомъ отношеніи, самые рациональные опыты, какъ мы уже имѣли случай заявить, были произведены Candlot, который помѣстилъ результаты этихъ опытовъ въ таблицѣ n° 23 своего труда, озаглавленнаго: „Ciments et les chaux hydrauliques“.

Эти опыты обнимают целый ряд бетоновъ, составленныхъ изъ однихъ и тѣхъ же матеріаловъ.

Мы воспроизводимъ эту таблицу въ діаграммѣ (фиг. 24).

Абсциссы этой діаграммы показываютъ количество цемента на 1 куб. метръ утрамбованнаго бетона; ординаты изображаютъ соотвѣтствующія сопротивленія раздавливанію.

Сопротивленія раздавливанію, по прошествіи 28 дней, бетоновъ, составленныхъ изъ круглыхъ камней.



Фиг. 24.

Примѣръ: бетонъ состава 2:4, содержащій 200 килогр. цемента на 1 куб. м., обладаетъ сопротивленіемъ около 132 килогр.

Хотя данныя Candlot относятся только къ бетонамъ возраста въ 28 дней, а монолитъ съ теченіемъ времени приобретаетъ большія сопротивленія, мы совѣтуемъ все-таки, въ виду чрезвычайнаго непостоянства матеріаловъ, скрытыхъ ихъ недостатковъ и т. д., смотрѣть на приведенныя цифры этой діаграммы какъ на окончатель-

ныя сопротивленія, годныя для практики, и которыя, для полученія коэффициента прочнаго сопротивленія, должны быть уменьшены до $\frac{1}{10}$ ихъ первоначальной величины.

Эмпирическое правило. Когда бетонъ содержитъ отъ 150 до 300 килогр. цемента на куб. метръ, то можно, не принимая въ расчетъ вліянія, оказываемаго балластомъ, вывести, съ достаточнымъ приближеніемъ, его сопротивленіе сжатію изъ величины сопротивленія растяженію *раствора*, заключающаго одинаковое съ нимъ количество цемента.

А именно, коэффициентъ прочности при сжатіи такого бетона можно принять равнымъ коэффициенту *разрыва* раствора, содержащаго *тоже самое количество цемента*.

Покажемъ, на какихъ данныхъ основано это правило.

Бетонъ, содержащій 200 килогр. цемента, по наблюденіямъ, обладаетъ вдвое большимъ сопротивленіемъ сжатію, чѣмъ растворъ, содержащій столько же цемента. Это явленіе вполне понятно. Дѣйствительно, бетонъ изъ круглыхъ валуновъ, содержитъ на 1 куб. метръ, при пропорціи 2 : 3, почти 0,500 куб. метр. раствора и около 0,700 куб. метр. валуновъ. Поэтому, этотъ бетонъ можно разсматривать, какъ заключающій въ себѣ $\frac{1}{2}$ куб. метра раствора съ $\frac{200}{2} = 100$ килогр. цемента. Остальные 100 килогр. въ плотномъ массивѣ пойдутъ на то, чтобы образовать швы между валунами и растворомъ. Словомъ, цементъ, при уменьшеніи пустотъ, будетъ лучше утилизированъ въ бетонѣ.

Обращаясь къ раствору, мы знаемъ, что коэффициентъ сопротивленія его при сжатіи по крайней мѣрѣ равенъ 5 разъ взятому коэффициенту сопротивленія его при растяженіи.

Сопротивленіе бетона сжатію равняется $2 \times 5 = 10$ разъ взятому коэффициенту сопротивленія растяженію раствора. Отсюда выводится приведенное выше правило, ибо для коэффициента прочнаго сопротивленія послѣдняя цифра должна быть уменьшена въ 10 разъ.

Ниже 150 килогр., этотъ законъ еще приложимъ, но растворы показываютъ тогда гораздо меньшія сопротивленія растяженію.

Сравненіе бетоновъ съ растворами ихъ образующими. Изъ ниже приведенной таблицы, составленной по даннымъ Candlot, можно заимствовать полезныя указанія.

Растворы, служащіе для образованія бетона.			Бетоны, изготовленные съ слѣдующими растворами:								
			ПРОПОРЦІЯ 2:3.			ПРОПОРЦІЯ 2:4.			ПРОПОРЦІЯ 2:5.		
			Вѣсовое колич. цемента на 1 куб. метр. песка.	Сопротивленія сжатію по прошествіи:		Вѣсовое колич. цемента на 1 куб. метр.	Сопротивленія черезъ:		Вѣсовое колич. цемента на 1 куб. метр.	Сопротивленія черезъ:	
				7 дн.	28 дн.		7 дн.	28 дн.		7 дн.	28 дн.
КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.	КИЛОГР.
250	60	85	151	72	97	130	52	65	111	47	65
450	195	230	260	102	172	225	122	140	187	72	105
650	275	343	353	162	217	311	152	215	254	87	140
1000	283	420	448	185	240	388	207	252	331	172	180

Кромѣ многихъ факторовъ, которые можно усмотрѣть изъ этой таблицы, слѣдуетъ отмѣтить прежде всего выгоды, заключающіяся въ уменьшеніи пустотъ, такъ какъ бетонъ, содержащій 151 килогр. цемента, обладаетъ большимъ сопротивленіемъ, чѣмъ растворъ, содержащій 250 килогр.

При пропорціи 2:3 и содержаніи болѣе чѣмъ 300 килогр. цемента на 1 куб. м. бетона, замѣчается, что сопротивленіе монолита выражается приблизительно тѣмъ же самымъ отношеніемъ къ сопротивленію раствора, какъ и отношеніе составныхъ частей бетона между собою т. е., что коэффициентъ сопротивленія бетона сжатію составляетъ $\frac{2}{3}$ величины того же коэффициента сопротивленія раствора, изъ котораго бетонъ приготовленъ.

Тоже самое замѣчается выше 250 килогр., для пропорцій 2:4, и выше 150 килогр. для пропорцій 2:5.

Заключеніе. Въ общемъ, число опытовъ, произведенныхъ до сихъ поръ, недостаточно для установки строгихъ выводовъ. Пока мы находимся въ широкой области догадокъ, но все же и добытыхъ данныхъ достаточно, чтобы разобратъся въ большинствѣ случаевъ, предъявляемыхъ практикой.

Дѣйствительно, извѣстно, что бетонъ съ 150 килогр. цемента обладаетъ сопротивленіемъ около 100 килогр. или что тоже въ 10 килогр. на 1 кв. сант. (безопасная нагрузка). Однако, нагрузка въ 10 килогр. рѣдко встрѣчается въ обыкновенныхъ работахъ.

Бетоны на известковомъ растворѣ. Принимаютъ, что сопротивленіе бетоновъ на известковыхъ растворахъ равно сопротивленію этихъ послѣднихъ, служащихъ для ихъ образованія

Это допущение основано на томъ, что сдѣлленіе между растворомъ и камнями обыкновенно выше сдѣлленія раствора самого по себѣ; поэтому, швы не могутъ разойтись раньше, чѣмъ не начнется разрушеніе въ самомъ растворѣ.

Maximum сопротивленія, которое можетъ быть достигнуто у лучшихъ растворовъ съ гидравлической известью, равно 140 килогр. на 1 кв. сант.; обыкновенныя сопротивленія измѣняются отъ 40 килогр. до 100 килогр.

Сопротивленіе изгибу. Этотъ вопросъ еще менѣе изученъ чѣмъ предыдущіе, такъ какъ именно здѣсь упругость является особенно важнымъ факторомъ.

Дѣйствительно, общая формула изгиба есть:

$$M = \frac{R \cdot I}{n}$$

M—сгибающій моментъ или моментъ излома испытываемаго бруса, т. е. произведеніе нагрузки на плечо.

I—моментъ инерціи сѣченія бруса. Въ нѣсколькихъ словахъ трудно выяснитъ значеніе этого символа.

n—разстояніе поверхностнаго слоя отъ центра тяжести сѣченія бруса.

R—коэффициентъ, численная величина котораго для каменныхъ сооружений до сихъ поръ не установлена; это—наибольшая нагрузка при сжатіи и растяженіи на 1 кв. сант., которой можно подвергнуть брусъ, не переходя его предѣла упругости.

Для случая растяженія и сжатія этотъ коэффициентъ имѣетъ разныя значенія.

Повидимому, задача о сопротивленіи изгибу является неразрѣшимой, такъ какъ основная формула не имѣетъ приложенія.

Это затрудненіе пытались обойти.

Нѣкоторымъ ученымъ и извѣстнымъ экспериментаторамъ удалось, изъ чисто научныхъ соображеній, примѣнить общую формулу изгиба, снабдивъ ее особымъ коэффициентомъ.

Такъ, въ 1889 году въ Ymuiden'ѣ, были произведены изслѣдованія надъ 672 кусками бетона 68 разныхъ составовъ, давшія, на основаніи формулъ, взятыхъ изъ механики Вейсбаха, коэффициентъ, который слѣдуетъ ввести въ основное уравненіе изгиба. Этотъ коэффициентъ былъ, среднимъ числомъ, опредѣленъ въ

$\frac{1}{2,5368}$. Вычисленія производились по формулѣ:

$$M = \frac{1}{2,5368} \times \frac{R \cdot I}{n}$$

Размѣры испытываемыхъ брусковъ были 1,00м. \times 0,20м. \times 0,20м.; ихъ до опыта выдерживали сначала 5 дней на воздухѣ и 120 дней въ мелкомъ пескѣ.

Помѣщаемые затѣмъ на двѣ опоры, они нагружались по срединѣ до разрыва *).

„Результаты опытовъ разнятся отъ вычисленій на 30%. Хотя за этими результатами можно признать лишь относительное значеніе, тѣмъ не менѣе средними, выведенными изъ полученныхъ данныхъ, можно пользоваться при простыхъ работахъ по бетону“. (Extrait du journal hollandais: l'Ingénieur).

Durand Claye въ теченіе нѣсколькихъ лѣтъ занимался изученіемъ явленій изгиба въ растворахъ и бетонахъ. Въ 1880 году, онъ писалъ:

„Бетоны изъ портландскаго цемента часто примѣняются при обстоятельствахъ, когда очень важно было-бы знать ихъ сопротивленіе изгибу.

„Единственными, опубликованными по этому предмету, изслѣдованіями являются опыты M. Voisin. Они были произведены надъ брусками, лежащими обоими концами на двухъ опорахъ, и нагруженными по срединѣ. Примѣняя къ его результатамъ формулу упругости, мы находимъ, что его бетоны имѣли различныя сопротивленія изгибу, смотря по ихъ составу и возрасту, въ предѣлахъ отъ 3 килогр. на 1 кв. сантиметръ для тощихъ бетоновъ 10-дневнаго возраста, и до 30 килогр. для болѣе плотныхъ бетоновъ—2-мѣсячнаго возраста.

„Если обратиться къ бетонамъ, приготовленнымъ по обыкновеннымъ правиламъ, и содержащимъ на одинъ объемъ валуновъ $\frac{2}{3}$ объема раствора, состоящаго изъ одной части, по объему, цемента и трехъ—песка, то мы получимъ слѣдующія цифры:

Послѣ 10 дней . . 5,83 килогр. на 1 кв. сант.

„ 20 „ . . 8,21 „ „

„ 30 „ . . 10,95 „ „

„Но эти цифры слѣдуетъ сильно уменьшить, *вѣроятно* раза въ три“.

Дѣйствительно, этотъ коэффициентъ $\frac{1}{3}$ Durand Claye и ввелъ въ уравненіе изгиба, такъ какъ „изъ опытовъ, произведенныхъ въ лабораторіи при Ecole des ponts et chaussées, оказалось, говорить онъ, что, не уклоняясь далеко отъ истины, можно принять за дѣйствительное сопротивленіе—сопротивленіе равное $\frac{1}{3}$ того, которое получается изъ вычисленій по обычнымъ формуламъ“.

*) Средніе результаты указаны на стр. 85.

Позднѣе, изъ дальнѣйшихъ работъ *), этотъ инженеръ далъ коэффициентъ отъ $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{1,84}$; его опыты были произведены лишь надъ ограниченнымъ числомъ составовъ для растворовъ.

Послѣ всего изложеннаго видно, какъ мало данныхъ имѣется по этому вопросу, глубже освѣтить который—дѣло специалистовъ.

Фундаменты. Въ Англіи Baker'омъ дано слѣдующее эмпирическое правило для бетоновъ, употребляемыхъ при кладкѣ фундаментовъ на слабомъ грунтѣ и долженствующихъ оказывать сопротивленія, обусловливаемая дѣйствіемъ тяжести верхнихъ частей постройки: толщина массива должна быть по крайней мѣрѣ въ $\frac{3}{4}$ раза больше толщины стѣны, измѣренной выше подошвы ея. Это правило, очень неопредѣленное, не даетъ никакихъ указаній насчетъ состава бетона и вѣса постройки.

Скалываніе. Сопротивленія скалыванію также мало изучены; однако, этого рода сопротивленія было бы интересно знать при бетонныхъ сооруженіяхъ. Въ обыкновенныхъ каменныхъ постройкахъ горизонтальное скалывающее усиліе имѣетъ мѣсто въ швахъ и сопротивленіе этому усилію опредѣляется поперечнымъ сопротивленіемъ растворовъ. Для бетона дѣло усложняется: здѣсь сопротивленіе скалыванію является функціей силы сцѣпленія камней и раствора, которая, сама по себѣ, мало изучена.

Вертикальныя скалывающія усилія встрѣчаются въ разныхъ случаяхъ: такъ напримѣръ, половой настилъ шлюза можетъ расколоться у внутренней боковой стѣнки шлюзовой камеры, если съ послѣдней произойдетъ хотя-бы малѣйшее осѣданіе.

Сцѣпленіе. Въ этомъ направленіи произведено было очень мало опытовъ.

Найдено, что обыкновенные кирпичи, связанные растворомъ 1:2, даютъ, спустя 28 дней по изготовленіи, сопротивленіе въ 16—30 килогр. на 1 кв. сант. Величина этого сопротивленія зависитъ отъ строенія поверхности. Замѣчено, что съ очень гладкими поверхностями, какъ напримѣръ, у глазурованныхъ черепицъ, портландскій цементъ даетъ незначительное сцѣпленіе.

Сопротивленіе сводовъ. Сочиненій, касающихся прочности сводовъ, существуетъ значительное количество; по этому предмету имѣются замѣчательные труды; однако теорія этого вопроса до сихъ поръ очень мало разработана.

Въ формулы, опредѣляющія это сопротивленіе, входитъ величина пролета арки, которую требуется соорудить, причемъ вовсе не принимается во вниманіе сопротивленіе кладки; вообще говоря,

*) Эти работы были, вмѣстѣ съ новой теоріей, опубликованы въ „Annales des ponts et chaussées“ за августъ 1888 г.

формулами допускается, что сводовые камни какъ-бы кладутся другъ на друга непосредственно, безъ промежуточнаго прослойка раствора.

Это допущеніе противорѣчитъ свойствамъ бетона, такъ какъ при сооруженіи сводовъ изъ бетона получается большое количество, швовъ, составляющихъ очень важный факторъ въ дѣлѣ сопротивленія свода. Отсюда вытекаетъ, что обычныя уравненія не могутъ быть примѣнимы къ данному случаю.

Но, когда бетонъ приготовленъ тщательно на хорошемъ растворѣ, онъ обладаетъ достаточной однородностью, чтобы его можно было принять за одну сплошную изогнутую массу, не заботясь ни о числѣ швовъ, ни объ ихъ направленіяхъ.

Бетонные своды рассчитываются по формуламъ для арокъ, входящихъ своими основаніями въ стѣны

Расчеты такого рода затруднительны и долги.

«Примѣненіе этихъ формулъ, пишетъ извѣстный проф. Boudin, отнимаетъ много времени, и необходимо очень хорошо освоиться съ ними, чтобы научиться достаточно быстро составлять указываемые ими эпюры (рабочіе чертежи).

Debaue, говоря, что можно для расчета монолитныхъ сводовъ примѣнять общія формулы сопротивленія матеріаловъ, если принять въ соображеніе упущенныя изъ виду старыми теоріями явленія растяженія, прибавляетъ: «къ несчастью эти общія формулы слишкомъ сложны и доступны лишь спеціалистамъ математикамъ; нельзя и рассчитывать на то, чтобы эти формулы могли войти въ практику, такъ какъ онѣ не обработаны и не приведены къ простому виду. Кромѣ того, принципы, на которыхъ онѣ основаны, еще не достаточно твердо установлены, такъ какъ до сихъ поръ физика частичныхъ силъ и ученіе объ упругости матеріаловъ находятся въ зачаточномъ состояніи».

Въ Англіи также держатся взгляда, что расчетъ монолита въ видѣ сводовъ представляетъ большія трудности. Качества цемента, качества другихъ составныхъ частей, энергичность замѣшиванія, старательность выполненія работы,—все это принадлежитъ къ числу обстоятельствъ, оказывающихъ существенное вліяніе на сопротивленіе бетона. Въ виду столь измѣнчивыхъ обстоятельствъ практика не выработала еще заслуживающихъ довѣрія данныхъ, которыя позволили-бы въ вышеприведенныхъ случаяхъ производить расчетъ монолита.

Практическое руководство должно ограничиться указаніемъ простыхъ приѣмовъ расчета, не прибѣгая къ помощи сложныхъ уравненій.

Инженеръ спеціалистъ имѣетъ возможность прибѣгнуть къ вычисленіямъ; строителю же, менѣе знакомому съ ними, прихо-

дится пользоваться готовыми результатами, добытыми изъ сочетанія данныхъ уже существующихъ сводовъ.

Приведемъ здѣсь нѣсколько примѣровъ.

1) Проектъ бетонной арки, съ пролетомъ въ 58м., принадлежащій Куанье (см. главу „Приложенія“). Ходъ расчета этой арки помѣщенъ въ „Annales de la Construction“ за 1890 годъ.

2) Въ Швеціи: мостъ, съ пролетомъ въ 18,20м. и съ подъемомъ въ 1,40м. Толщина у пятъ 1,20м., въ замкѣ — 1м. Бетонъ этого свода былъ приготовленъ съ гравіемъ и содержалъ 235 килогр. цемента на куб. метръ. Для фундаментовъ, шель бетонъ, содержащій 140 килогр. цемента на 1 куб. м.

3) Въ Англіи: своды, съ пролетомъ въ 3,30м., съ подъемомъ въ 0,20м. Толщина у пятъ 0,22м., въ замкѣ — 0,125м. Бетонъ состоитъ изъ 1 части цемента, 1 песку и 5 крѣпкаго кирпичнаго щебня. Спустя 28 дней послѣ окончанія постройки, прочное сопротивленіе такихъ сводовъ достигало 1.600 килогр. на кв. метръ.

4) Своды, съ пролетомъ въ 6,40м. и подъемомъ въ 1,20м. Толщина у пятъ 0,90м., въ замкѣ 0,45м. Они выносили нагрузку въ 2500 килогр. на кв. метръ. Бетонъ ихъ состоялъ изъ 1 части извести и 4 частей остатковъ послѣ обжига извести каменнымъ углемъ. При пролетѣ въ 5м., толщина въ замкѣ такихъ сводовъ достигала 0,35—0,40м.

5) Маленькіе своды изъ бетона на желѣзистомъ шлакѣ (см. главу X).

Примѣчаніе.—Часто встрѣчаются образцы слишкомъ смѣлыхъ сводовъ; къ несчастью изъ нихъ трудно извлечь практически полезныя указанія, такъ какъ при описаніи ихъ забываютъ наиболѣе важный пунктъ: составъ бетона.

Сопротивленіе трубъ. Сопротивленіе трубы изъ бетона зависитъ отъ богатства содержанія въ послѣднемъ цемента.

Среди разныхъ формулъ, по которымъ вычисляется требуемая толщина стѣнокъ трубы, мы рекомендуемъ слѣдующую, въ виду ея удобства и приложимости къ обычно допускаемымъ пропорціямъ составныхъ частей бетона:

$$e = \frac{r \cdot h}{30}$$

гдѣ:

e —толщина стѣнокъ трубы;

r —внутренній радіусъ трубы;

h —давленіе воды, выраженное въ метрахъ.

Minimum допускаемой толщины стѣнокъ постоянны: онъ заключается между 0,05м.—0,06м.

Обыкновенно примѣняемая пропорція отвѣчаетъ содержанию 1300 килогр. цемента, 1 куб. метра песка, 3 куб. метровъ гравія.

Сопротивленіе дѣйствію артиллерійскихъ снарядовъ. Мы выяснимъ теперь ту основную роль бетона, которую онъ, благодаря своему сопротивленію, призванъ играть въ дѣлѣ современныхъ фортификаціонныхъ сооружений.

Постоянно возрастающая дальность и мѣткость выстрѣловъ и увеличивающееся разрушительное дѣйствіе осадныхъ орудій заставили военныхъ инженеровъ прибѣгнуть къ другимъ приѣмамъ оборонительныхъ сооружений и обратить особенное вниманіе на укрѣпленіе тѣхъ частей этихъ сооружений, которыя подвергаются непосредственному дѣйствію батареи осаждающихъ.

Громадный прогрессъ артиллерійскаго дѣла со времени войны 1870—1871 г.г. заключается, какъ въ изобрѣтеніи новыхъ боевыхъ снарядовъ, торпедныхъ бомбъ, которыя наполняются въ Англіи и Германіи—хлопчатобумажнымъ порохомъ, во Франціи—мелинитомъ, въ Австріи—экразитомъ, въ Бельгіи, по всей вѣроятности,—тонитомъ, такъ и въ примѣненіи перекидныхъ выстрѣловъ изъ мортиръ и осадныхъ гаубицъ, мѣткость которыхъ не уступаетъ мѣткости прицѣльныхъ выстрѣловъ изъ большихъ осадныхъ пушекъ.

Дѣйствіе, производимое перекидными выстрѣлами торпедныхъ гранатъ, можно сравнить съ дѣйствіемъ минъ. Особенно хорошо оно было изслѣдовано въ концѣ 1886 г. во Франціи при пробной стрѣльбѣ противъ форта Мальмезонъ.

Генераль Бріальмонъ сообщаетъ, что въ Мальмезонѣ торпедная граната, калибромъ 22с., начиненная 33 килограммами мелинита и мѣтко попавшая въ капониръ, покрытый снаружи (съ фронта) слоемъ земли въ 3 метра толщиной, пробила брешь почти 8 метровъ въ діаметръ, и что слѣдующіе за ней снаряды, разрываясь позади облицовки эскарпа и контрэскарпа, состоявшихъ изъ разгрузныхъ арокъ, производили въ нихъ пробоины длиной отъ 12 до 15 метровъ *).

По словамъ того же автора подобные же результаты получились въ Козелѣ и Куммерсдорфѣ.

Столь значительнаго дѣйствія снарядовъ никто не предвидѣлъ и потому, при проектированіи фортификаціонныхъ сооружений, военные инженеры принимали во вниманіе лишь прицѣльную стрѣльбу изъ тяжелыхъ пушекъ большого калибра.

*) „L'influence du tir plongeant et des obus—torpilles sur la fortification“, par général Brialmont.

Кирпичные своды, толщиной отъ 1м. до 1,50м., покрытые слоемъ песчанистой земли на 2—3 метра, превосходно сопротивлялись дѣйствию этой послѣдней стрѣльбы, но, обстрѣливаемые перекидными выстрѣлами изъ наръзныхъ мортиръ, торпедными гранатами, калибромъ въ 21 сант., они не могли устоять: снаряды разрывались внутри прикрытій. Эти своды могли сопротивляться дѣйствию торпедныхъ гранатъ только тогда, если ихъ покрывали слоемъ песчанистой земли толщиной отъ 6 до 7 метровъ; однако, и въ этомъ случаѣ, торпедныя гранаты, проникая въ землю почти на глубину 5 метровъ и разрываясь тамъ, производили эффектъ взрыва мины; вслѣдствіе сотрясенія отъ внутренней поверхности свода отваливалась масса кирпичей, что дѣлало невозможнымъ дальнѣйшее пребываніе людей въ мѣстѣ, пораженномъ выстрѣломъ; кромѣ того, слѣдующій снарядъ, попадая въ углубленіе, произведенное первымъ, влекъ за собой неизбежно образованіе значительной бреши въ сводѣ.

Впрочемъ, настоящая фортификація осуждаетъ подобное насыпаніе громаднхъ массъ земли, бросающихся въ глаза съ далекаго разстоянія, главный недостатокъ которыхъ состоитъ въ томъ, что онѣ служатъ хорошей мишенью для непріятельской артиллеріи и помогаютъ быстрой наводкѣ ея орудій.

Поэтому, единственнымъ средствомъ противодѣйствія новѣйшимъ артиллерійскимъ орудіямъ является сооруженіе всѣхъ сводовъ и прикрытій изъ бетона на портландскомъ цементѣ.

Необходимость этого явствуетъ изъ многочисленныхъ опытовъ, произведенныхъ во многихъ странахъ надъ опредѣленіемъ степени сопротивленія бетона дѣйствию перекидныхъ выстрѣловъ, торпедными гранатами.

Въ Австріи, производилась пробная стрѣльба по открытымъ сводамъ изъ бетона, приготовленнаго за годъ передъ тѣмъ и состоявшаго изъ 1 части цемента, 2—песку, 1—гравія и 4—каменей. Торпедная граната, калибромъ въ 21с., начиненная взрывчатымъ, производила въ подобныхъ сводахъ углубленіе, діаметромъ въ 1,50м. и отъ 0,25—0,30м. глубиной, безъ какого-бы то ни было поврежденія съ внутренней стороны этихъ сводовъ.

Въ опытахъ, произведенныхъ въ Лиддѣ въ Англіи, съ гаубицами, калибромъ въ 20с., выпускавшими подъ угломъ въ 25° гранаты, начиненныя хлопчатобумажнымъ порохомъ, надъ бетонными сводами, толщиной въ 1м., пролетомъ въ 3м. и подъемомъ въ 0,45м., покрытыхъ слоемъ земли въ 1,70м., два снаряда отскакивали отъ такого прикрытія, не производя никакого разрушенія. Въ виду сомнительнаго дѣйствія такой стрѣльбы, взрывали гранату прямо на сводѣ, но и въ этомъ случаѣ получились лишь незначительные осколки отъ угла каземата, безъ какихъ-либо другихъ поврежденій.

Въ Бельгiи, въ 1888 году на Брашетскомъ полѣ было устроено нѣсколько сводовъ изъ бетона $\frac{1}{4}$ *), имѣвшихъ около 5м. въ пролетѣ и отъ 2,00м. до 2,50м. въ замкѣ, причемъ внѣшняя сторона ихъ выравнивалась горизонтально. Устроенные такимъ образомъ казематы не подвергали дѣйствію перекидныхъ выстрѣловъ торпедными гранатами, а заставляли на этихъ сводахъ разрываться нѣсколько зарядовъ пороха, который производилъ въ бетонѣ лишь незначительныя впадины не болѣе 0,25м. глубиной; кромѣ того они ежегодно подвергаются повторяющимся испытаніямъ стрѣльбы изъ орудій, 15с. и 20с. калибромъ, выбрасывающихъ обыкновенныя гранаты удлиненной формы. Состояніе, въ которомъ эти своды находятся до сихъ поръ, позволяетъ заключить, что они превосходно будутъ сопротивляться продолжительной стрѣлбѣ торпедными гранатами, изъ осадныхъ мортиръ самага большого калибра.

Опыты, произведенные на Бургскомъ полигонѣ, надъ сводами изъ бетона на цементѣ, имѣвшими различную толщину и различные пролеты, дали, въ общемъ, результаты сходные съ только что приведенными. Генераль Бриальмонъ, говоря объ этихъ опытахъ, выражается слѣдующимъ образомъ: „Хотя результаты этихъ опытовъ и держатся въ секретѣ, однако не составляетъ тайны, что торпедныя гранаты, начиненныя мелинитомъ, производятъ въ самомъ крѣпкомъ бетонѣ только впадины, глубиной 0,30м. и діаметромъ не болѣе 1,20—1,50м. Если нѣсколько гранатъ падаютъ на одно и то-же мѣсто, то вторая изъ нихъ производитъ углубленіе на 0,40м.—0,50м., третья—на 0,60м.—0,65м.

Такимъ образомъ, чтобы пробить слой бетона, толщиной въ 1,50м., надо чтобы 6 или 8 гранатъ падали на площадку въ 1 до 2 кв. метровъ“.

Генераль Пьерронъ держится почти такого же мнѣнія.

Въ своей книгѣ „La Stratégie et la Grande Tactique“ онъ говоритъ: „Всѣми признается, что для прикрытія укрѣпленій и ихъ защитниковъ отъ падающихъ торпедныхъ гранатъ вполне достаточно толщина бетонныхъ сводовъ въ 3 метра. Чтобы пробить такой сводъ нужно, какъ показываютъ опыты, чтобы 10 торпедныхъ гранатъ упали на одно и тоже мѣсто его, но, такъ какъ на войнѣ такая точность наводки орудій трудно осуществима, то довольствуются во многихъ случаяхъ меньшей толщиной свода“.

Толщина, которую слѣдуетъ придавать сводамъ, зависитъ, очевидно, отъ величины ихъ пролетовъ; она должна составлять

*) Военное инженерное искусство обозначаетъ бетоны по количеству валуновъ, входящихъ въ типичную смѣсь; послѣдняя всегда содержитъ одну часть цемента. Такъ напр., бетонъ $\frac{1}{4}$ состоитъ изъ 1 части цемента, 1,5—песку и 4—валуновъ.

Бетонъ $\frac{1}{4}$ отвѣчаетъ: 1 части цемента, 3,5—песку и 7—валуновъ.

отъ 1 до 3 метровъ въ замкѣ, при пролетахъ отъ 2 до 8 метр.; внѣшняя поверхность такого свода должна быть горизонтальной.

Бетону на цементѣ суждено играть важную роль въ фортификационныхъ сооруженіяхъ будущаго. Примѣненіе его предпосылается и нынѣ при постройкахъ оборонительныхъ сооруженій, съ цѣлью защиты ихъ отъ дѣйствія перекидныхъ выстрѣловъ торпедными гранатами. Земляныя прикрытія, покрывающіе нынѣшніе своды изъ кирпичей или бутового камня, легко устранить совершенно, замѣнивши эти прикрытія слоемъ бетона $\frac{1}{4}$, толщиною отъ 1,50м. до 2,50м. Однако, чтобы ударъ или разрывъ снарядовъ не отрывалъ отъ внутренней поверхности сводовъ кусковъ кирпича или камня, необходимо между кладкой и бетонной облицовкой помѣстить слой песка, играющаго роль упругой постели.

Наконецъ, въ виду легкости выполненія работъ съ бетономъ, этотъ послѣдній можно вводить въ части сооруженія, не подверженныя дѣйствію артиллерійскаго огня, какъ то: фундаменты, опорныя стѣны, облицовки и т. д. Въ этомъ случаѣ, въ видахъ экономіи, можно значительно уменьшить количество цемента, входящаго въ составъ бетона; можно даже вмѣстѣ съ цементомъ употреблять трассъ и гидравлическую известь.

Вѣсъ бетоновъ. Вѣсъ бетоновъ измѣняется вмѣстѣ съ удѣльнымъ вѣсомъ и объемомъ пустотъ матеріаловъ, съ богатствомъ содержанія въ нихъ цемента, съ плотностью монолита и со степенью трамбованія.

Зная кажущуюся плотность балласта, можно опредѣлить приблизительно вѣсъ плотнаго бетона, такъ какъ извѣстно, что всѣ цементные растворы, хорошо утрамбованные, имѣютъ плотность, колеблющуюся между 1.900 килогр. и 2.100 килогр.

И такимъ образомъ вѣсъ плотнаго бетона изъ цемента и щебня измѣняется въ слѣдующихъ предѣлахъ:

Балл. . .	0,750 куб. метр.	×	900—1.100 килогр.	=	675—875 килогр.
Раст. . .	0,550 » »	×	1.900—2.100 »	=	1.045—1.155 »
					1.720—1.980 килогр.

Бетоны Масскихъ фортовъ вѣсили около 2.300 килогр.

Надъ этими бетонами, содержавшими около 300 килогр. цемента на куб. метръ, и взятыми прямо съ завода, были произведены опыты, результаты которыхъ показаны въ слѣдующей таблицѣ:

Величина камней въ сантим.	Гранитъ.	Кремнистые валуны.	Голландскій кирпичъ.
	килогр.	килогр.	килогр.
4	2.235	2.250	1.988
2	2.203	2.228	2.025
1	2.176	2.224	1.991
отъ 1 до 4	2.224	2.261	2.002

Плотность бетоновъ Куанье измѣняется въ предѣлахъ отъ 2.805 килогр. до 2.348 килогр. (Michelot)

Heath въ своей книгѣ «Manual on Lime and Cement» даетъ слѣдующія цифры для вѣса бетоновъ на цементъ:

Для известняка . . . отъ 2.000 до 2.070 килогр.

» гранита » 2.160 » 2.250 »

» шлака » 1.660 » 1.900 »

» гравія » 2.080 » 2.250 »

» кирпич. щебня. » 1.760 » 1.920 »

» кокса » 1.100 » 1.300 »

Отсюда мы видимъ, что бетонъ, надлежащимъ образомъ составленный, съ успѣхомъ можетъ конкурировать съ обычными каменными строительными матеріалами во всѣхъ постройкахъ, гдѣ вѣсъ его является условіемъ сопротивленія.

Вѣсъ кирпичной кладки измѣняется отъ 1.700 килогр. до 2.000 килогр.; 1 куб. же метръ каменной кладки изъ песчаника, известняка или гранита не превышаетъ 2.300 килогр.

Что касается легкихъ бетоновъ изъ кокса, шлаковъ и т. д., то они примѣняются для постройки половъ.

Коэффициентъ тренія. Въ расчетъ устойчивости сооружений часто входитъ, какъ факторъ, скольженіе каменныхъ массъ. Коэффициентъ, на который слѣдуетъ умножить вѣсъ всей постройки, чтобы ручаться за равновѣсіе, измѣняется отъ 0,40 до 0,80, смотря по характеру почвы; но массивъ, покоящійся на бетонномъ основаніи, можетъ проявлять скольженіе и по самому основанію.

Мюллеръ Бреслау („Графическая статика“) допускаетъ коэффициентъ тренія въ 0,70; во Франціи, принято считать его величину въ 0,75.

Коэффициентъ расширения. — **Трещины бетона.** Всѣ каменные постройки испытываютъ сжатія и расширения, вызываемыя перепадами температуры. На бетонахъ эти измѣненія проявляются гораздо рѣзче, чѣмъ на прочихъ каменныхъ кладкахъ.

М. Bouniseau нашель, что коэффициентъ линейнаго расширения бетоновъ, состоящихъ изъ кремнистыхъ валуновъ и цементнаго раствора, равняется 0,0000143. Этотъ коэффициентъ въ три раза меньше для кирпичной кладки, если кирпичи уложены плашмя (ложкомъ) и на томъ же самомъ растворѣ; онъ вдвое больше послѣдней цифры, или что одно и тоже, равняется $\frac{2}{3}$ коэффициента расширения для бетона, если кирпичи въ кладкѣ уложены на ребро.

Изъ этихъ результатовъ видно, что главную роль въ дѣлѣ расширения играетъ растворъ; и оно тѣмъ значительнѣе, чѣмъ больше цемента вошло въ этотъ растворъ. Въ Англіи найдено, что призмы изъ чистаго цемента, длиною въ 0,18м., по прошествіи года уменьшились въ длинѣ на 0,113%—0,162% въ зависимости отъ степени сухости воздуха.

Коэффициентъ 0,0000143 съ виду кажется незамѣтно малымъ; однако, въ большихъ постройкахъ, подверженныхъ сильному колебанію температуръ, его вліяніе становится значительнымъ. Стѣна въ 1000 метровъ длины, напримѣръ, вслѣдствіе измѣненія температуры на 20°, можетъ получить измѣненіе длины около 0,30м.

М. Turettini приводитъ примѣръ образованія въ бетонномъ резервуарѣ, несмотря на всѣ принятія при устройствѣ его предосторожности, трещины въ 0,015м., появившейся годъ спустя послѣ постройки, и размѣры которой согласовались съ коэффициентомъ расширения, указаннымъ Bouniseau. Зло было устранено тѣмъ, что края трещины расширили на нѣсколько сантиметровъ и углубили ее на 1 сант.; въ образовавшуюся щель была вставлена каучуковая лента, покрытая затѣмъ цементомъ; послѣ этого дальнѣйшее распространеніе трещины остановилось.

Подобнаго рода явленіями объясняются деформациі, даже паденія нѣкоторыхъ массивовъ, выпячиванія, которыя образуются въ нѣкоторыхъ стѣнахъ и т. д.; эти катастрофы, повидимому, происходящія безъ всякой причины, на дѣлѣ вызываются исключительно эффектами сжатія и расширения.

Въ массивахъ Масскихъ фортовъ были констатированы по длинѣ, почти черезъ каждые 20м. разстоянія, очень мелкія трещины; онѣ открываются лѣтомъ, и почти всѣ закрываются зимой. Повидимому онѣ не пронизываютъ всей толщины стѣнъ, а ограничиваются лишь извѣстной глубиной, начинаясь отъ облицовки.

Специалисты придерживаются того мнѣнія, что избытокъ воды, употребляемой для затворенія, благоприятствуетъ образованію трещинъ; поэтому, рекомендуется производить бетонныя работы съ наименьшимъ количествомъ воды.

Нѣкоторые строители утверждаютъ обратное, т. е. что массивы, приготовленные на достаточно жидкомъ растворѣ, являются повидимому лучше сохраняющимися въ отношеніи степени ихъ растрескиванія, чѣмъ такіе же массивы, но приготовленные на растворѣ съ меньшимъ количествомъ воды. Быть можетъ эта аномалія зависитъ отъ увлеченія цемента водой, содержащейся въ очень жидкомъ растворѣ, благодаря чему этотъ послѣдній растворъ, обѣдненный черезъ это цементомъ, менѣе подверженъ расширенію и сжатію.

Въ Англіи полагаютъ, что бетоны сжимаются и расширяются не только отъ колебаній температуры, но они испытываютъ еще и естественное сокращеніе объема, проявляющееся въ теченіе перваго года. Поэтому, тамъ стараются устранить опасность отъ такого сокращенія устройствомъ предохранительныхъ зазоровъ, рассчитываемыхъ на расширеніе.

Въ стѣнахъ резервуаровъ, набережныхъ и т. п. оставляютъ для этой цѣли, черезъ каждые 6—7 м. разстоянія, вертикальныя щели, шириною въ 0,013 м. и 0,15—0,30 м. глубиною. Такъ какъ облицовки вообще состоятъ изъ болѣе жирнаго бетона, то такая щель должна прорѣзаться и этотъ слой жирнаго бетона. Когда такой монолитъ, спустя 8—12 мѣсяцевъ послѣ своего изготовленія, перестанетъ обнаруживать стремленіе къ сокращенію объема, то эти зазоры заполняются, по желанію, или растворомъ, или чистымъ цементомъ.

По той же самой причинѣ признается полезнымъ при устройствѣ бетонныхъ настиловъ устраивать зазоры шириной въ 1 сант., окружающіе каждую площадку, имѣющую около 10 кв. метровъ.

Наконецъ, предосторожности, которыя необходимо принимать, чтобы помѣшать образованію трещинъ, заключаются въ соблюденіи слѣдующихъ правилъ:

- 1) Работа съ бетономъ при обыкновенной температурѣ.
- 2) Примѣненіе цемента надлежащихъ качествъ—мелко измолотаго и достигшаго извѣстнаго возраста.
- 3) Очень тщательное замѣшиваніе, чтобы можно было ручаться за достиженіе однородности, такъ какъ только при однородности расширеніе будетъ передаваться по всей массѣ одинаково и предохранительные зазоры тогда оправдаютъ свое назначеніе; въ противномъ случаѣ, въ частяхъ, болѣе богатыхъ цементомъ или растворомъ, обнаружатся болѣе интенсивныя молекулярныя дѣйствія.
- 4) Энергичное трамбованіе для изгнанія воздуха.
- 5) Употребленіе раствора, затворяемаго съ минимальнымъ количествомъ воды.
- 6) Наконецъ, принятіе мѣръ, чтобы высыханіе монолита не происходило очень быстро.

ГЛАВА VII.

Бетонные заводы.

§ 1.

Общія положенія.—Организація.

Въ этой главѣ мы будемъ говорить объ организаціи бетоннаго завода и, слѣдуя систематическому ходу операций, попытаемся выяснитъ вліяніе, которое оказываетъ тщательный анализъ разныхъ приѣмовъ работъ въ связи съ правильно учрежденнымъ надзоромъ за ними, на экономическую сторону дѣла.

Принципы, касающіеся устройства большого бетоннаго завода, въ общемъ приложимы ко всѣмъ бетоннымъ работамъ: измѣняются только детали, вызываемыя специальными условіями, въ которыхъ поставлено данное производство. Условія этого рода главнымъ образомъ зависятъ отъ величины участка, представляемаго въ распоряженіе для работъ, отъ рельефа мѣста, отъ различія его уровней и отъ количества бетона, требуемаго для сооруженія.

Прежде чѣмъ прослѣдить различные фазисы, черезъ которые проходила постройка всѣхъ фортовъ Масскаго департамента, мы ознакомимъ читателя съ данными одного изъ этихъ фортовъ, касающихся всѣхъ его устройствъ.

Мы укажемъ также, помощью примѣровъ, почерпнутыхъ изъ работъ уже не новыхъ, нѣкоторыя выгодныя расположенія для бетоннаго завода.

Масскіе форты. Чтобы всесторонне описать эти громадныя работы, о которыхъ Ришу помѣстилъ интересную замѣтку въ „Genie Civil“ за 1891 г., намъ понадобился бы цѣлый томъ.

Нѣсколько поясненій дадутъ намъ общее понятіе, съ технической точки зрѣнія, о степени важности и характерѣ этого значительнаго предпріятія.

Но раньше этого мы не можемъ не выразить нашего удивленія проекту, передъ которымъ преклоняются военные авторитеты, и который весь, со всѣми деталями, принадлежитъ знаменитому генералу Бріальмону; на долю послѣдняго выпало зна-

чительно подвинуть впередъ практику бетонныхъ сооружений, такъ какъ постройка всѣхъ Масскихъ фортовъ по его указанію была выполнена исключительно изъ бетона.

Города Льежъ *) и Намюръ, отстоящіе по прямой линіи на 60 килом. другъ отъ друга, омываются рѣкой Масомъ; вокругъ каждаго изъ этихъ городовъ, расположенныхъ на днѣ долины, возвышается рядъ холмовъ, высотой отъ 100м. до 150м.

12 фортовъ защищаютъ Льежъ; 9 фортовъ прикрываютъ Намюръ; эти укрѣпленія, расположенныя на высотахъ, окружаютъ каждый изъ этихъ городовъ поясомъ, радіуса отъ 8 до 10 километровъ.

Въ отношеніи выполненія работъ, всѣ форты были разбиты на двѣ вполнѣ отдѣльныя группы—Льежъ и Намюръ;—но сооруженіе ихъ велось совершенно параллельно и одинаково.

Снабженіе матеріалами, вѣсь которыхъ въ общей сложности достигъ четырехъ милліоновъ тоннъ, потребовало надлежащихъ устройствъ въ широкихъ размѣрахъ.

Нѣкоторые форты, достаточно близко отстоящіе другъ отъ друга и расположенные въ мѣстностяхъ съ болѣе ровной поверхностью, были соединены другъ съ другомъ вѣтвями узкоколейной (въ 1м. шириной) желѣзной дороги; составленный такимъ образомъ изъ нѣсколькихъ фортовъ участокъ снабжался матеріалами изъ одного общаго пункта. Для прочихъ же фортовъ, изолированныхъ второстепенными долинами или рѣзкими неровностями почвы, были устроены спеціальныя службы по доставкѣ матеріаловъ.

Принципъ снабженія матеріалами былъ слѣдующій: продукты драгировки, извлекаемые изъ Маса, или одного изъ его притоковъ, сортировались въ долинѣ, грузились въ вагоны и по наклонному пути поднимались на вершину холма; далѣе, по желѣзнымъ дорогамъ, эти вагоны доставлялись въ каждый изъ фортовъ даннаго участка.

Постройки изолированныхъ фортовъ снабжались матеріалами по воздушнымъ линіямъ, начинавшимся на днѣ долины и оканчивавшимся вблизи такихъ фортовъ; эти линіи имѣли уклонъ 0,30—0,40м. на 1 метръ ихъ протяженія.

Лѣсъ, цементы, кирпичи, тесовый камень и т. д.—все это почти ежедневно доставлялось по казеннымъ дорогамъ, къ опредѣленнымъ соединительнымъ пунктамъ, изъ которыхъ эти матеріалы развозились по фортамъ уже по дорогамъ, устроеннымъ на возвышенностяхъ. Такимъ образомъ, для всѣхъ работъ производилась своевременная доставка матеріаловъ.

*) Лютихъ.

Служба снабженія была обставлена слѣдующими приспособленіями: 7 машинъ для драгировки и столько же пристаней для выгрузки, сѣтъ узкоколейныхъ, шириной въ 1 метръ, дорогъ, имѣвшихъ 100 километр. протяженія, и обыкновенныхъ дорогъ, длиной въ 15 километр., 7 соединительныхъ пунктовъ съ государственными линіями, 4 большихъ наклонныхъ пути, 3 воздушныя желѣзнодорожныя линіи и 55 локомотивовъ.

Объемъ всей массы бетона достигъ 1.100.000 куб. метровъ.

Здѣсь умѣстно будетъ указать, что воздушныя желѣзныя дороги могутъ оказывать хорошія услуги въ гористыхъ мѣстностяхъ, если количество матеріала, которое слѣдуетъ ежедневно доставлять, не превышаетъ 200 куб. метровъ, и если эти матеріалы не громоздки. Дѣйствительно, устройство этихъ линій экономично, такъ какъ не требуетъ издержекъ по покупкѣ или арендованію мѣста, равно какъ не требуетъ и земляныхъ работъ по устройству полотна для дороги; избѣгаются также и работы по осушенію почвы, упрощается устройство различныхъ крепичиваній и т. д. Работаетъ такая дорога быстро, постоянно и позволяетъ безостановочную нагрузку, такъ какъ на конечныхъ станціяхъ тѣлѣжки, отцѣпляясь автоматически, останавливаются на платформѣ, доставляющей ихъ прямо къ нагрузочному или выгрузочному помѣщенію. Наконецъ, при значительныхъ временныхъ эксплуатаціяхъ, специалисты подрядчики, берясь за устройство, эксплуатацію и снабженіе матеріалами линіи, устанавливають въ свою пользу извѣстный процентъ съ бочки матеріала; величина этого процента уменьшается вмѣстѣ съ увеличеніемъ объема матеріала, который слѣдуетъ доставить, такъ какъ расходы по погашенію уменьшаются въ той же пропорціи.

Характеръ работъ. Обыкновенно, фортъ располагается треугольникомъ, отъ 300 до 400 метр. въ каждой сторонѣ этого треугольника; всѣ каменныя сооруженія форта сосредоточиваются внутри параллельнаго ему вписаннаго треугольника, со сторонами отъ 200 до 250 метровъ.

Иногда уголъ, обращенный къ лицевой части форта, срѣзается, и тогда сооруженіе принимаетъ трапециoidalную форму.

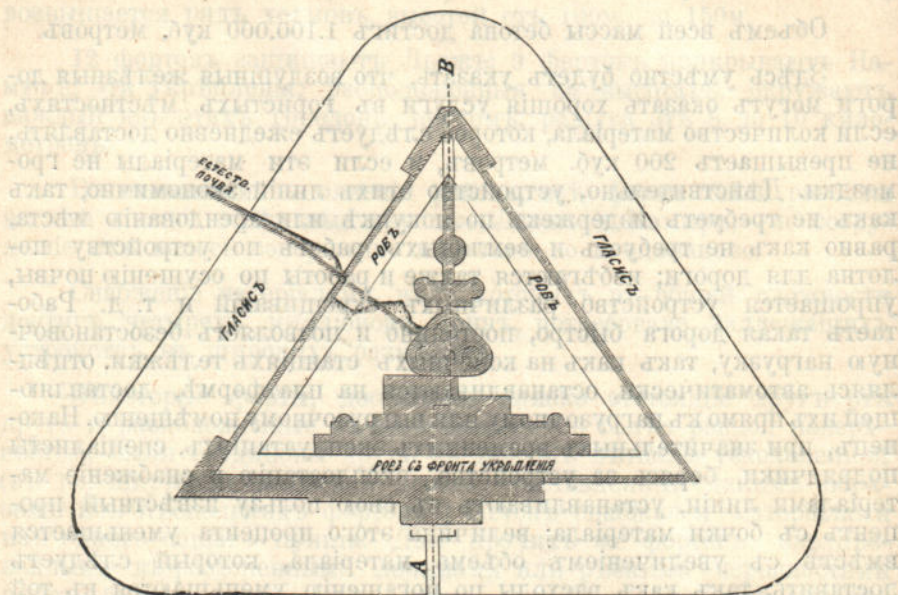
Когда въ почвѣ произведены выемки земли въ надлежащихъ мѣстахъ, туда заливается бетонъ и покрывается землей, получившейся отъ этихъ выемокъ и служащей кромѣ того для образованія гласисовъ или внѣшнихъ насыпей (откосовъ), располагаемыхъ по опредѣленнымъ линіямъ полета снарядовъ.

Фиг. 25 и 26 даютъ въ планѣ и въ разрѣзѣ общее понятіе о расположеніи бетонныхъ массивовъ.

Изъ этихъ схематическихъ чертежей, помѣщенныхъ здѣсь исключительно для поясненія текста, видно, однако, что сооруже-

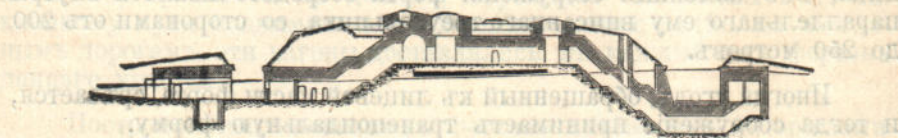
ніе форта заключаетъ въ себѣ выполненіе разныхъ каменныхъ работъ при довольно прихотливыхъ профиляхъ,—выполненіе, требующее, если пользоваться кирпичемъ и тесовымъ камнемъ, примѣненія очень сложныхъ приспособленій.

Планъ форта.



Фиг. 25.

Разрѣзъ по А В фиг. 25-й.



Фиг. 26.

При употребленіи въ дѣло бетона, эти трудности исчезаютъ, такъ какъ бетонъ допускаетъ устройство какихъ угодно профилей. Въ работахъ, о которыхъ идетъ рѣчь, были примѣнены бетоны двухъ родовъ, оба съ пропорціей 2:3, содержавшіе соответственно 180 килогр. и 300 килогр. цемента на 1 куб. метръ. Бетонъ №1, менѣе богатый, служилъ для фундаментовъ и стѣнъ—бетонъ №2 примѣнялся для сооруженія сводовъ, и частей, подверженныхъ дѣйствію выстрѣловъ.

Каждый фортъ потребовалъ бетона отъ 45.000 и до 65.000 куб. метровъ; въ то же время для каждаго форта необходимо было вырыть массу земли или породы около 100.000—150.000 куб. метровъ.

Основанія, руководившія устройствомъ бетоннаго завода. Прежде чѣмъ приступить къ работамъ, очень долго и тщательно обсуждался планъ этихъ работъ или такое разрѣшеніе задачи, которое устранило-бы появленіе разныхъ неожиданныхъ случайностей. Проектъ этотъ былъ основанъ на слѣдующихъ основаніяхъ, сводящихся, по мѣрѣ возможности, къ избѣжанію всѣхъ безцѣльныхъ манипуляцій.

Надо было обезпечить доставку строительныхъ матеріаловъ.

Надо было выбрать для каждаго форта такія расположенія складовъ, при которыхъ устранялись бы по возможности бесполезныя передвиженія и двойные концы. Въ этихъ видахъ, были изолированы кавальеры съ пескомъ и валунами отъ всѣхъ прочихъ операцій, какъ-то: земляныхъ работъ, перевозки бетона, приготовленія кружалъ для сводовъ и т. д.

Являлось также важнымъ, не мѣшая ходу работъ въ другихъ мастерскихъ, приблизить насколько возможно склады матеріаловъ къ мѣсту фабрикаціи бетона и урегулировать уровни такимъ образомъ, чтобы приходилось катить вагончики съ валунами и пескомъ по горизонтальной поверхности, или по крайней мѣрѣ по слабымъ подъемамъ.

Мастерскую для фабрикаціи бетона надо было расположить по возможности ближе къ центру тяжести бетоннаго сооруженія; такое расположеніе уменьшаетъ разстояніе перевозки бетона.

Затѣмъ, слѣдовало правильно и удачно опредѣлить, каковы должны быть уровни различныхъ аппаратовъ, чтобы извлечь пользу изъ дѣйствія силы тяжести и тѣмъ уменьшить издержки по фабрикаціи бетона. Эта задача явилась наиболѣе трудной; приходилось изыскивать, для каждаго форта въ отдѣльности, при помощи разныхъ предположеній, уровень мѣста для устройства мастерской, которому-бы соотвѣтствовало наименьшее поднятіе общаго объема песковъ, валуновъ, цементовъ и бетоновъ. Кромѣ того, при опредѣленіи этого уровня, приходилось обращать вниманіе и на экономичность дѣйствія прочихъ службъ. Рѣшеніе этой задачи несложно, когда есть возможность расположить мастерскую этажамъ, но въ данномъ случаѣ этого нельзя было сдѣлать.

Далѣе, слѣдовало ускорить ходъ земляныхъ работъ, чтобы приготовить выемки. Для этой цѣли земляныя работы начинались тамъ, гдѣ уже были окончены каменные массивы, которые затѣмъ слѣдовало покрыть землей. Далѣе, каменные глыбы, вырытыя при этихъ работахъ изъ земли, и не употребленныя тутъ же для вы-

емотръ, заливаемыхъ бетономъ, оставлялись на мѣстѣ, съ тѣмъ, чтобы впослѣдствіи быть доставленными непосредственно на мѣсто соотвѣствующихъ работъ; до тѣхъ поръ, онѣ не подвергались никакимъ передвиженіямъ и бесполезнымъ перевозкамъ, которыя составляютъ не только сами по себѣ безцѣльныя манипуляціи, но еще и вызываютъ загроможденіе и парализуютъ дальнѣйшій ходъ работъ.

Наконецъ, былъ устроенъ бдительный надзоръ и трудъ раздѣленъ на категоріи по характеру работъ: рабочихъ разбили на группы; на каждую изъ группъ были возложены постоянныя обязанности, и количество работы каждой изъ нихъ было точно определено. Этотъ послѣдній пунктъ относится главнымъ образомъ ко второй стадіи работъ, заключающейся въ самомъ выполненіи сооруженій изъ бетона.

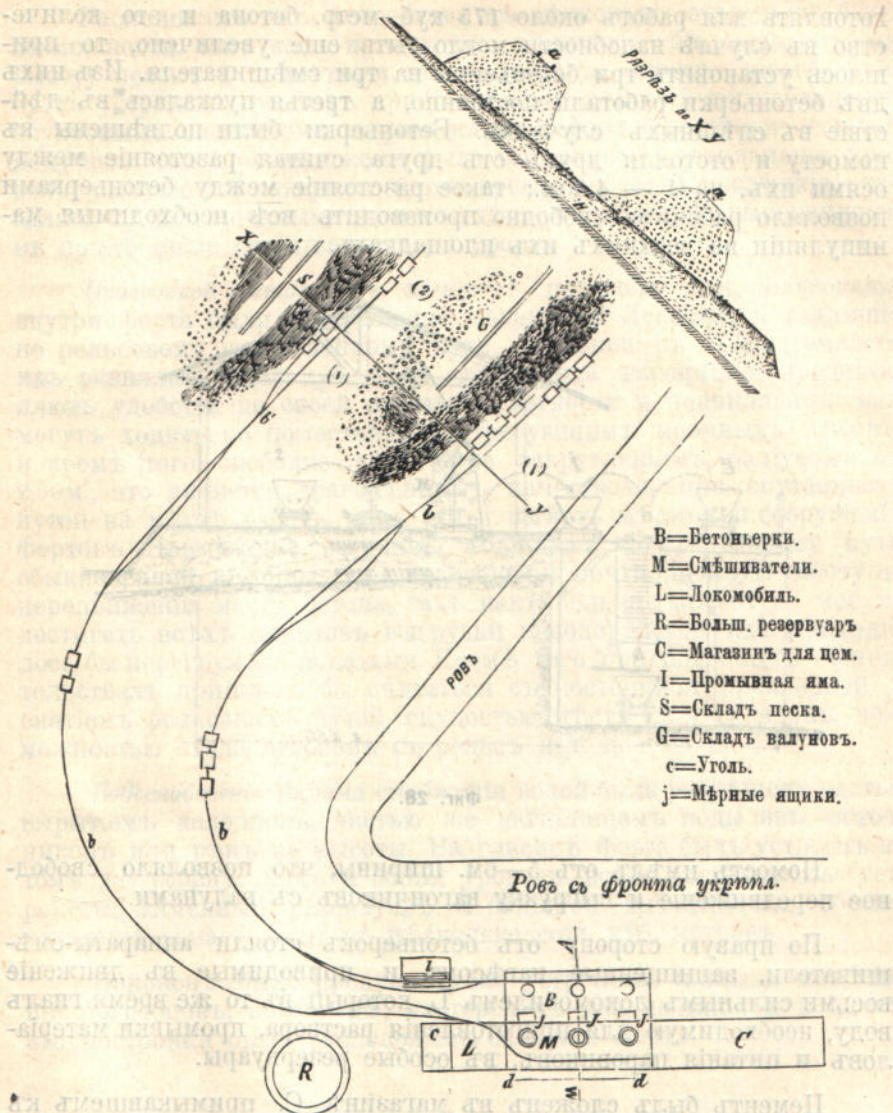
Выработанный такимъ образомъ проектъ, при выполненіи его все время сохранялъ свои принципы, видоизмѣняясь лишь въ деталяхъ, сообразно съ требованіями нѣкоторыхъ частныхъ обстоятельствъ.

Вотъ, въ общихъ чертахъ, какъ эти принципы были осуществлены на практикѣ.

Расположеніе завода и подвижной составъ. *Подвозъ матеріаловъ.* На скорую руку былъ насыпанъ сбоку гласисъ, служившій исключительно для склада песку и валуновъ (фиг. 27). По вѣтвямъ *aa* (разрѣзъ ХУ), въ 1 м. шириной, доставлялись эти матеріалы, складываемые въ кучи; вѣтви *aa* соединялись съ главной вѣтвью большой жел. дороги. Ниже расположенныя узкоколейныя, въ 0,40 м. шириной, дороги *bb* подвозили по легкому подъему песокъ и валуны, нагруженные въ вагончики, къ мастерской, фабрикующей бетонъ.

Бетонъ содержалъ 3 части валуновъ на 2 части песку; валуны складывались въ верхней части гласиса, который всегда дѣлается наклоннымъ къ наружной части форта. Такъ какъ валуны употреблялись для приготовленія бетона въ большей массѣ, чѣмъ песокъ, то устройство бетонной мастерской на верху гласиса значительно сократило общій подъемъ массъ къ этой мастерской. Далѣе, такъ какъ подвозъ въ кучи матеріаловъ производился помощью локомотивовъ, то доставка ихъ на верхнюю часть гласиса не являлась дорого стоящей операцией; стоимость-же добавочнаго ихъ поднятія на высоту отъ 1 м. до 2 м. была ничтожна.

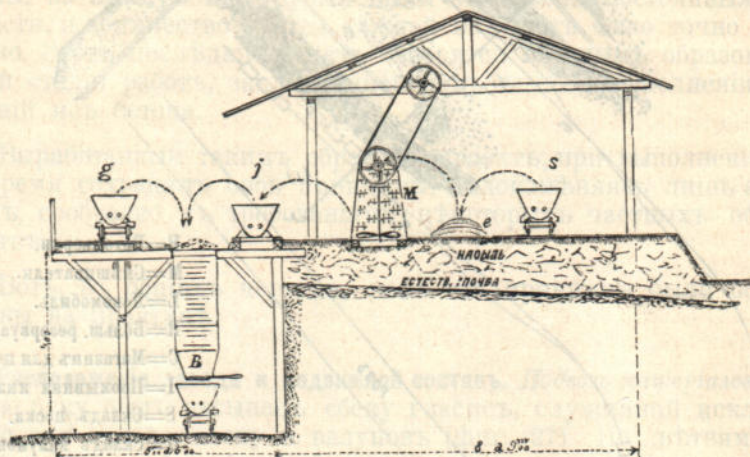
Въ нѣкоторыхъ фортахъ, расположеніе входа въ укрѣпленіе допускало устройство складовъ съ пескомъ, непосредственно рядомъ и вдоль сарая съ аппаратами-смѣшивателями, въ *dd*: такимъ образомъ была избѣгнута перевозка всей массы этого песка отъ склада до бетонной мастерской.



Аппараты для фабрикаціи бетона. Аппараты-смѣшители М и бетоньрки В были помѣщены у горжи (входа) съ фронта съ цѣлью возможно большей ихъ близости къ центру тяжести массъ, которая надлежало отлить изъ бетона (фиг. 27 и 28).

Были примѣнены вертикальный смѣшитель и вертикальная цилиндрическая бетоньрка. Такъ какъ требовалось ежедневно при-

готовлять для работъ около 175 куб. метр. бетона и это количество въ случаѣ надобности могло быть еще увеличено, то пришлось установить три бетоньерки на три смѣшивателя. Изъ нихъ двѣ бетоньерки работали постоянно, а третья пускалась въ дѣйствіе въ спѣшныхъ случаяхъ. Бетоньерки были подвѣшены къ помосту и отстояли другъ отъ друга, считая разстояніе между осями ихъ, на 4 — 4,50 м.; такое разстояніе между бетоньерками позволяло рабочимъ свободно производить всѣ необходимыя манипуляціи на верхнихъ ихъ площадкахъ.



Фиг. 28.

Помость имѣлъ отъ 5—6 м. ширины, что позволяло свободное передвиженіе и выгрузку вагончиковъ съ валунами.

По правую сторону отъ бетоньерокъ стояли аппараты-смѣшиватели, защищенные навѣсомъ и приводимые въ движеніе восьми сильнымъ локобилемъ L, который въ то же время гналъ воду, необходимую для приготовления раствора, промывки матеріаловъ и питанія паровиковъ, въ особые резервуары.

Цементъ былъ сложенъ въ магазинъ C, примыкавшемъ къ сараю со смѣшивателями; размѣры этого магазина были рассчитаны на 400—500 тоннъ цемента.

Различныя положенія уровней, для каждого форта, были установлены на основаніи слѣдующихъ общихъ данныхъ: почти $\frac{3}{10}$ всей массы бетона должны были подвергнуться перевозкѣ по горизонтальнымъ путямъ, или путямъ съ незначительными уклонами, и кромѣ того требовалось, чтобы всѣ заготовленные матеріалы можно было доставлять помощью людей, или лошадей на мѣсто, гдѣ стояли аппараты для фабрикаціи бетона.

Расположить всё устройства въ нѣсколько этажей не было возможности, такъ какъ при этомъ пришлось бы подымать на высоту песокъ и цементъ, а такая операція стоитъ дорого, требуетъ устройства особыхъ приспособленій и кромѣ того обладаетъ неудобнымъ свойствомъ загромождать дороги. Собственно говоря, получить такое расположеніе было бы возможно, понизивши уровень выпускного отверстія бетоньерокъ, но тогда послѣднія оказались-бы помѣщенными въ очень тѣсномъ колодезѣ, выкопанномъ въ почвѣ ниже естественнаго ея уровня.

Подвижной составъ. Въ качествѣ повозокъ для пользованія внутри форта были употреблены вагончики Дековилля, ходившіе по рельсовому узкоколейному пути, шириной въ 0,40м.; емкость ихъ равнялась 0,333 куб. метр. Этого рода вагончики представляютъ удобства по своей простотѣ, легкости и подвижности: они могутъ ходить по помостамъ, не требующимъ прочныхъ лѣсовъ, и кромѣ того свободно ходятъ по закругленіямъ, радиусомъ въ 2,50м., что является драгоценнымъ качествомъ при спутанности путей на мѣстѣ работъ, какъ это и имѣетъ мѣсто при сооруженіи фортовъ. Примѣненіе вагоновъ, ходящихъ по рельсовому пути обыкновенной ширины (1м.), вызвало бы почти двойную работу по передвиженію массъ бетона, такъ какъ большіе вагоны не могутъ достигать всѣхъ пунктовъ выгрузки и содержимое ихъ приходилось бы перегружать лопатами. Кромѣ того при подобныхъ обстоятельствахъ пришлось бы считаться съ постоянной прокладкой и снятіемъ рельсовыхъ путей, скудостью мѣстъ для складовъ, возможностью схода вагоновъ съ рельсъ и т. д.

Водоснабженіе. Задача снабженія водой была разрѣшена частью вырытіемъ колодезевъ, частью же нагнетаніемъ воды изъ источниковъ или рѣкъ на высоты. На гласисѣ форта былъ устроенъ на томъ же уровнѣ, какъ и общій уровень всѣхъ остальныхъ устройствъ каменный резервуаръ R большой вмѣстимости, обеспечивавшій запасъ воды въ нѣсколько сотъ куб. метровъ.

Наконецъ, было предусмотрено устройство жилыхъ помѣщеній, погребцовъ, конюшенъ, мастерскихъ для починки и т. д.; всё эти постройки были расположены снаружи форта.

§ 2.

Ходъ операцій.

Нужно замѣтить, что описываемый ниже ходъ операцій относится не къ однимъ только Масскимъ фортамъ, ибо онъ не заключаетъ въ себѣ ничего спеціальнаго и приложимъ ко всякимъ устройствамъ подобнаго рода; онъ заключаетъ въ себѣ въ общихъ чертахъ всю совокупность главнѣйшихъ манипуляцій по изготовленію бетона.

Партіи рабочихъ, распределенныя по мастерскимъ, исполняли, каждая, постоянно свою разъ назначенную для нихъ работу.

Нагрузка песка. Одна партія рабочихъ грузила песокъ въ вагончики.

Нагрузка изъ запасныхъ кучъ производилась въ вагончики въ двухъ мѣстахъ. Вслѣдствіе этого люди никогда не оставались незанятыми: когда вагончики (I) (см. фиг. 27) были полны, нагрузчики переходили въ (2), гдѣ ихъ ожидали пустые вагончики; по наполненіи и уходѣ этихъ послѣднихъ, рабочіе снова возвращались въ (1), куда уже къ тому времени прибывалъ порожній поѣздъ. Благодаря такому приему, работа шла безостановочно.

Перевозка песка. Песокъ доставлялся въ сарай съ аппаратами смѣшивателями или лошадьми, или же, если разстояніе до сарая было небольшое и уклонъ пути незначителенъ, то просто людьми.

Сухое смѣшеніе песка и цемента; нагрузка смѣси въ аппаратъ. Вагончики S (фиг. 28), входящіе въ сарай, разгружались на полъ въ е рабочихими, на обязанности которыхъ лежало производство сухого смѣшенія.

Одинъ рабочій былъ специально занятъ взвѣшиваніемъ цемента и сбрасываніемъ его на песокъ. Мѣшки съ цементомъ слѣдуетъ очень сильно встряхивать и поэтому рабочимъ, приставленнымъ къ этимъ мѣшкамъ, приходится исполнять очень тяжелую работу. За это часто имъ выдается добавочное вознагражденіе. Въ Масскихъ фортахъ это вознагражденіе состояло въ раздѣленіи между ними суммы, вырученной отъ продажи пломбъ, которыми запечатываются эти мѣшки; общая стоимость этихъ маленькихъ пломбъ достигла нѣсколькихъ тысячъ франковъ.

Партія, на обязанности которой лежало сухое смѣшеніе, вращала песокъ и цементъ лопатами и затѣмъ смѣсь грузила въ смѣшиватель. Вода для фабрикаціи раствора проводилась въ железяемомъ количествѣ въ аппаратъ по трубкѣ, идущей изъ особаго резервуара.

Вымѣрка раствора. По выходѣ изъ аппарата M, растворъ принимался лопатами другою группою рабочихъ для вымѣрки его въ калиброванный вагончикъ j, помещенномъ между смѣшивателемъ и соотвѣтствующей этому смѣшивателю бетоньеркой. Для уменьшенія высоты вагончика j т. е. для облегченія нагрузки онъ былъ лишенъ телѣжки съ колесами.

Вымѣренный растворъ опрокидывался на валуны, сложенные на крышкѣ бетоньерки.

Нагрузка увлажненнаго раствора является очень тяжелой работой и требуетъ большой мускульной силы.

Нагрузка валуновъ. Во время хода описанныхъ операций, пар-

тія рабочихъ грузила валуны, при чемъ соблюдались общіе принципы, установленные для нагрузки песку, т. е. примѣнялся методъ двухъ путей нагрузки (1) и (2).

Перевозка и промывка валуновъ. Не доходя до бетоньерокъ, вагончики съ валунами останавливались надъ промывной ямой (фиг. 27); эта яма, расположенная вблизи сарая, гдѣ происходила фабрикація, была покрыта сквознымъ помостомъ, на который становились вагончики; дно послѣднихъ было устьяно отверстиями; (подвижной сплошной пластинкой изъ листового желѣза, прикрѣпленной извнутри ко дну вагончика, можно было въ случаѣ необходимости закрыть эти отверстія, и тогда вагончикъ дѣлался пригоднымъ для всѣхъ обычныхъ службъ). Валуны, ввезенные на помость, обливались струей воды, идущей подъ давленіемъ изъ резервуара, помѣщенного сбоку подъѣзднаго пути, и поднятаго на



Фиг. 29.

извѣстную высоту. Въ другихъ случаяхъ (фиг. 29) боковой резервуаръ не поднимали на высоту, а его верхній край приходился въ уровень съ бортами вагончиковъ; рабочіе черпали изъ него воду ведрами и съ силой поливали ею на валуны. Этотъ второй способъ промывки болѣе дѣйствителенъ, благодаря приобретаемой живой силѣ и одновременности дѣйствія всей массы воды.

Мутная вода стекала въ яму; избытокъ ея въ ямѣ отводился прочь. Время отъ времени, эту яму чистили, такъ какъ въ ней собирался, кромѣ ила, мелкій песокъ, годный для приготовления шпакатурки.

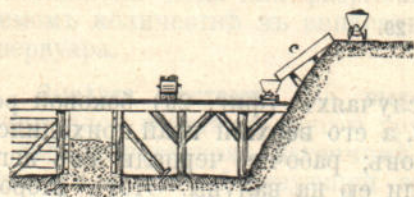
Затѣмъ, вагончики съ валунами промытыми, но еще *влажными* проталкивали далѣе къ бетоньеркамъ.

Смѣшеніе на крышкѣ бетоньерки. Валуны подвозились цѣпью, состоявшей изъ трехъ вагончиковъ. Сначала опрокидывали (фиг. 28) одинъ вагончикъ съ валунами *g* на крышку бетоньерки; поверхъ его выгружали другой вагончикъ съ растворомъ и т. д., пока не получалось два слоя раствора, перемежающіеся съ тремя слоями камней. Рабочіе при бетоньеркѣ, переворачивая эту смѣсь лопатами, обращали ее во вчернѣ приготовленный бетонъ. Сложивши послѣдній въ кучу, выдвигали крышку быстрымъ движеніемъ въ сторону (какъ это показано на фиг. 13) и вся масса падала въ аппаратъ. Послѣ этого крышка клалась снова на мѣсто и повтореніе описаннаго процесса снова начиналось съ прибытіемъ новой партіи валуновъ.

Перевозка бетона. Вагончики, останавливаемые на короткое время подъ бетоньеркой, наполнялись бетономъ черезъ посредство нижней заслонки и затѣмъ отбуксировывались на мѣсто примѣненія бетона въ дѣло.

Въ доставкѣ бетона на мѣсто его примѣненія можно было отмѣтить три главныя фазы, въ зависимости отъ положенія уровня мѣстъ, которыя приходилось обслуживать.

1°. Бетонъ долженъ былъ, для примѣненія въ дѣло, быть спущеннымъ на уровень, лежащій на 5—8 метровъ ниже уровня его выпуска изъ бетоньерки. Если расположеніе работъ это позволяло, какъ, напримѣръ, расположеніе стѣнъ контръ-эскарпа, связанныхъ съ внѣшними откосами рвовъ, то тогда рельсовый путь, проложенный почти горизонтально, могъ охватить собой все пространство выемокъ, безразлично, будетъ ли то на поверхности естественной почвы, или на поверхности искусственно возведеннаго гласиса. Тогда бетонъ, подвозимый по верху до мѣста назначенія, просто выливался внизъ по желобамъ. Эти желоба, съ прекращеніемъ работъ въ одномъ мѣстѣ, передвигались дальше, гдѣ должна была возобновиться работа.



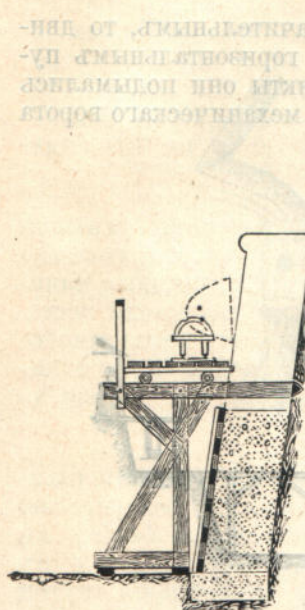
Фиг. 30.

Если, для достиженія отливаемого массива, приходилось переходить черезъ выкопанную яму, или черезъ ровъ, тогда выбирались наиболѣе выгодные пункты остановки, въ которыхъ производилась разгрузка бетона; изъ верхняго вагончика въ нижній, бетонъ спускался также по желобу *c* (фиг. 30);

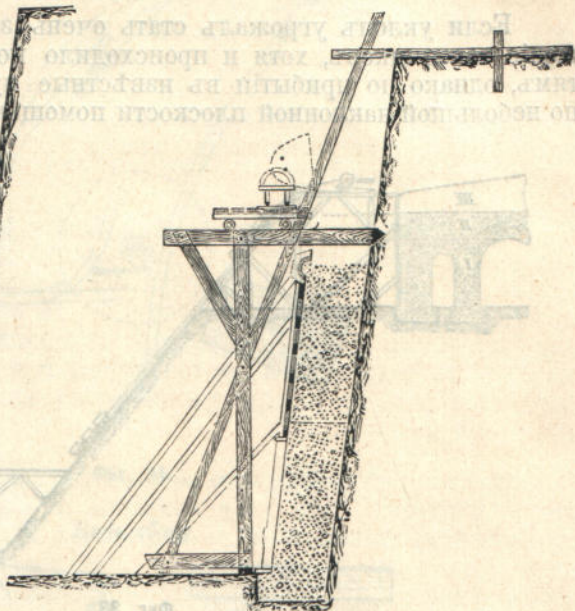
нижній вагончикъ ходилъ по горизонтальному пути до самого мѣста работъ. Непосредственныхъ же спусковъ вагончиковъ, идущихъ отъ бетоньерки, до дна глубокихъ выемокъ, никогда не устраивали.

Иногда, стѣны наружныхъ прикрытій примыкали своей задней стороной къ высокимъ откосамъ, вертикально высѣченнымъ въ

скалъ. Въ такомъ случаѣ доставка туда бетона должна была производиться извнутри рва по продольнымъ вспомогательнымъ мостамъ, такъ какъ не представлялось возможности, по причинѣ рельефа почвы, часто очень изломаннаго, прокладывать рельсовый путь по гребню откоса. Кромѣ того, вышеописанный приѣмъ доставки бетона былъ бы въ этомъ случаѣ очень опасенъ, такъ какъ



Фиг. 31.



Фиг. 32.

паденіе массы бетона могло бы поранить рабочихъ, разравнивающихъ его въ формахъ; наконецъ, отъ такого паденія, со значительной высоты могутъ пострадать качества монолита. Фиг. 31 и 32, поясняющіе отливку подобной стѣны, показываютъ, что эта операція заключаеа въ себѣ два фазиса; онѣ также даютъ понятіе общее расположеніе формъ для отливки такихъ стѣнъ.

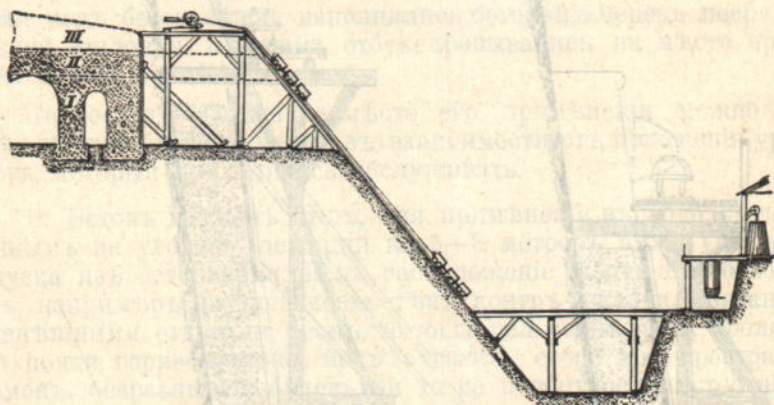
2°. Отливка бетона производилась на глубинѣ отъ 0 до 5 м. ниже выпуска его изъ бетоньерки. Въ такихъ случаяхъ доставка его производилась по горизонтальному пути; черезъ выемки и рвы вагончики переходили по вспомогательнымъ мостикамъ и опрокидываніе вагончиковъ производилось непосредственно на мѣстѣ работъ.

Всегда было обращено вниманіе на то, чтобы сократить по возможности плотничныя работы, для чего перевозка устраивалась даже по самымъ возводимымъ массивамъ.

Если массивы представляли слишком неправильныя очертанія, то доставка бетона во всё пункты безъ исключенія не могла имѣть мѣста: тогда часть бетона принималась лопатами.

3°.—Для такихъ бетонныхъ работъ, какъ центральный массивъ, расположенныхъ выше уровня выпуска бетона изъ бетоньерки, вагончикамъ, приходилось двигаться вверхъ по довольно протяженнымъ уклонамъ.

Если уклонъ угрожалъ стать очень значительнымъ, то движеніе вагончиковъ, хотя и происходило по горизонтальнымъ путямъ, однако по прибытіи въ извѣстные пункты они подымались по небольшой наклонной плоскости помощью механическаго ворота



Фиг. 33

(фиг. 33). Такіе, находящіеся на высотѣ, массивы возводились, вообще говоря, тремя послѣдовательными слоями I, II, III; этотъ методъ позволялъ не подымать бесполезно до верхняго слоя бетонъ, предназначенный для перваго слоя.

Въ нѣкоторыя части монолита, высокія и отдѣльно лежащія, бетонъ доставлялся на мѣсто помощью лопатъ.

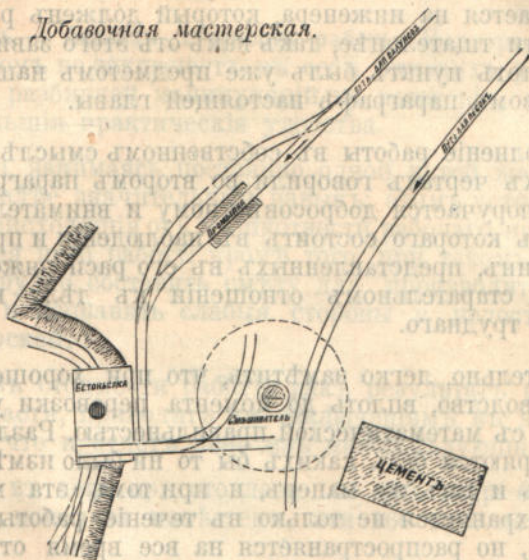
Разравниваніе и трамбованіе. Бетонъ, уложенный въ формы, разравнивался и утрамбовывался слоями въ 0,30м., сообразно съ указаніями, приведенными въ § 4 главы V.

Примѣчаніе. Таковъ былъ общій ходъ операций. Каждый вечеръ бетоньерки и смѣшиватели обильно промывались водой, а вагончики тщательно опорожнялись и вычищались.

Добавочная мастерская. Въ экстренныхъ случаяхъ, или когда, въ силу извѣстныхъ обстоятельствъ, работа грозила затянуться болѣе расчитаннаго времени, устраивали на другой оконечности

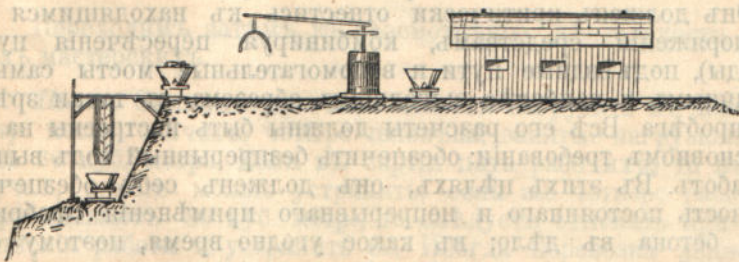
форта добавочную маленькую мастерскую, могущую приготовить отъ 70 до 80 куб. метровъ бетона въ день. Смѣшиватель приво-

Добавочная мастерская.



Фиг. 34.

Видъ сбоку.



Фиг. 35.

дился въ дѣйствіе лошадиной силой, а высота самой бетоньерки вмѣсто 2,70м. не превышала 2 м. Фигуры 34 и 35 достаточно ясно показываютъ расположеніе такой мастерской.

§ 3.

Надзоръ.—Администрація.

Роль служащихъ. Выполненіе всей работы обнимаетъ собой два періода:

1°.—Выработку проекта соответствующих устройств, которые въ дальнейшемъ согласовались бы съ ходомъ работъ, обусловленнымъ каждымъ частнымъ случаемъ въ отдѣльности; эта задача возлагается на инженера, который долженъ разрѣшить ее по возможности тщательно, такъ какъ отъ этого зависитъ успѣхъ всего дѣла. Этотъ пунктъ былъ уже предметомъ нашего разсмотрѣнія въ первомъ параграфѣ настоящей главы.

2°.—Выполненіе работы въ собственномъ смыслѣ, — о чемъ мы уже въ общихъ чертахъ говорили во второмъ параграфѣ; выполненіе работы поручается добросовѣстному и внимательному руководителю, роль котораго состоитъ въ наблюденіи и приведеніи въ дѣйствіе машинъ, представленныхъ въ его распоряженіе. Обязанности эти при старательномъ отношеніи къ дѣлу не представляютъ ничего труднаго.

Дѣйствительно, легко замѣтить, что при хорошей организаціи все производство, вплоть до момента перевозки уже готоваго бетона, идетъ съ математической правильностью. Различныя манипуляціи повторяются безъ какихъ бы то ни было измѣненій постоянно на одинъ и тотъ же манеръ, и при томъ эта методичность выполненія сохраняется не только въ теченіе работы одного какаго либо дня, но распространяется на все время отъ начала до окончанія подряда.

Поэтому, руководителю работами остается сосредоточить, главнымъ образомъ, все свое вниманіе на операціяхъ, непрерывно видоизмѣняющихся, т. е. на перевозкѣ и примѣненіи бетона въ дѣло. Онъ долженъ критически отнестись къ находящимся въ его распоряженіи средствамъ, комбинируя пересѣченія путей (разъѣзды), подъѣздные пути и вспомогательные мосты самымъ экономичнымъ и наиболѣе выгоднымъ образомъ съ точки зрѣнія длины пробѣга. Всѣ его расчеты должны быть построены на одномъ основномъ требованіи: обезпечить непрерывный ходъ выполненія работъ. Въ этихъ цѣляхъ, онъ долженъ себѣ обезпечить возможность постоянного и непрерывнаго примѣненія сфабрикованнаго бетона въ дѣло; въ какое угодно время, поэтому, онъ долженъ найти средства ускорить выемку земли и установку формъ, а также заготовить заранѣе чертежи подъѣздныхъ путей и устроить заблаговременно вспомогательные мосты. Наконецъ, онъ долженъ по крайней мѣрѣ за нѣсколько дней провѣрить развитие всѣхъ фазисовъ работы, чтобы имѣть возможность получить правильное представленіе о масштабѣ, въ которомъ должно идти регулярное производство.

Главной задачей является достиженіе легкой выгрузки бетона и свободнаго примѣненія его въ дѣло; всякая задержка въ этомъ отношеніи должна, за исключеніемъ случаевъ особой важности, разсматриваться какъ результатъ неудовлетворительной организаціи дѣла.

Этотъ принципъ контроля приложимъ ко всѣмъ работамъ безъ различія.

Контроль. — Анализъ стоимости работъ. Надзоръ за текущимъ производствомъ не заключаетъ въ себѣ никакихъ усложненій; онъ облегчается разбивкой манипуляцій на категоріи, что заключаетъ въ себѣ большія практическія удобства.

Рабочій, занимаясь постоянно одной и той же работой, приобрѣтаетъ болѣе значительный навыкъ; этимъ устраняются потери времени, происходящія отъ мѣшкотности рабочаго, принимающагося за новую для него работу; кромѣ того, при такомъ распредѣленіи работъ не трудно составить смѣту для производительности каждой артели и исправить слабыя стороны и недостатки той или иной мастерской.

Анализъ стоимости работъ, какъ результатъ разбивки этихъ работъ на части, приводитъ къ заключеніямъ въ высшей степени полезнымъ, что и будетъ ясно изъ нижеслѣдующаго примѣра.

Пусть, въ день приготовлено 160 куб. метр. бетона. Полагая, что составъ монолита извѣстенъ, эти 160 куб. метр. будутъ отвѣчать:

$$\begin{aligned} 160 \times 0,500 \text{ куб. метр.} &= 80 \text{ куб. метр. песку,} \\ 160 \times 0,700 \text{ куб. метр.} &= 112 \text{ куб. метр. валуновъ,} \\ \text{и } 160 \times 180 \text{ килогр.} &= 28.800 \text{ килогр. цемента.} \end{aligned}$$

Переходимъ затѣмъ къ рассмотрѣнію дѣятельности отдѣльныхъ мастерскихъ.

Песокъ. Сильный мужчина можетъ нагрузить въ день 20 куб. метр. песку; значить, четыре человѣка, занятые нагрузкой, могутъ дать 80 куб. метра. Если въ партіи пять рабочихъ, то въ такомъ случаѣ, одного можно устранить; если же четверо рабочихъ не вырабатываютъ 80 куб. метр., то слѣдуетъ отыскать причину замедленія работы и устранить ее. Иногда перевозка является неудовлетворяющей требованіямъ изъ за того, что пустые вагоны возвращаются на мѣсто нагрузки съ опозданіемъ; въ другихъ случаяхъ, при неудовлетворительности надзора, рабочіе исполняютъ свои обязанности не съ достаточнымъ рвеніемъ.

Перевозка песку. Стоимость перевозки песка измѣняется въ зависимости отъ разстоянія; но нѣсколько дней наблюденія дадутъ возможность установить ея размѣры.

Работы ведутся на такихъ началахъ, которыя для каждой отдѣльной мастерской обезпечивали бы maximum выработки. Очевидно, что въ разсматриваемомъ случаѣ перевозка 80 куб. метровъ песка не обойдется, вообще говоря, дороже перевозки 65 или 75 куб. метровъ, ибо и въ томъ и въ другомъ случаѣ необходимы

лошадь или возчики. Поэтому, все дѣло сводится къ тому, чтобы установить наиболѣе экономичное соотношеніе между нагрузкой песка и его перевозкой.

Смѣшеніе въ сухомъ видѣ. Эта манипуляція постоянна; стоимость ея приблизительно на 25% больше стоимости нагрузки песку. Достаточно передъ каждымъ смѣшивателемъ поставить по парѣ рабочихъ; тогда, при двухъ смѣшивателяхъ, слѣдуетъ добавить еще одного рабочаго, пятого, который и будетъ по очереди помогать каждой парѣ.

Приготовление раствора. Предыдущее правило примѣняется и къ приготовленію раствора, причемъ, при двухъ аппаратахъ, здѣсь также достаточно пяти человѣкъ.

Заготовка дозы цемента. Съ этой операціей можетъ, съ помощью подростка, приставленнаго для взвѣшиванія мѣшковъ, справиться одинъ взрослый рабочій.

Нагрузка валуновъ. Нагрузка валуновъ представляетъ большія или меньшія трудности, сообразно съ формой камней: круглой или остроугольной. Одинъ нагрузчикъ можетъ нагрузить до 17 куб. метровъ. Для 112 куб. метр. слѣдуетъ поставить семь рабочихъ; время отъ времени одинъ изъ нихъ скоблить и очищаетъ путь.

Перевозка валуновъ. Она производится также, какъ и перевозка песку.

Промывка валуновъ. Эта операція, болѣе или менѣе трудная, смотря по степени чистоты камней, можетъ быть оцѣнена вполне точно послѣ промывки первыхъ порцій камня. Вообще, можно принять, что при ежедневной фабрикаціи въ 150 куб. метр. бетона, достаточно двухъ рабочихъ для промывки, чтобы можно было ручаться за удовлетворительность результатовъ.

Смѣшеніе на крышкѣ бетоньерки. Для этого, на помостѣ одной бетоньерки, достаточно держать трехъ-четырехъ человѣкъ—для выгрузки валуновъ, производства общаго смѣшенія, оперирования съ крышкой и подведенія вагончиковъ. слѣдуетъ, особенно стараться ускорить, по возможности, производство бетона въ этихъ аппаратахъ, чтобы быть въ состояніи извлечь всѣ выгоды изъ этой постоянной по своему ходу манипуляціи.

Перевозка и выгрузка бетона. Эта сторона работъ подвержена постояннымъ видоизмѣненіямъ, разъ только монолитъ, подлежащій отливкѣ, расположенъ въ неправильныхъ массивахъ.

Сообразно съ выборомъ тѣхъ или другихъ комбинацій, стоимость перевозки и выгрузки бетона можетъ измѣняться въ предѣлахъ отъ назначенной цифры до въ три раза большей; поэтому эта сторона дѣла подлежитъ специальному надзору.

Разравниваніе и трамбованіе. Эта операція, при хорошо организо-

ванныхъ работахъ, должна представить извѣстное постоянство, если не считать нѣкоторыхъ деликатныхъ частей сооруженія, напр.: угловъ и т. п., требующихъ дополнительнаго утрамбовыванія.

При хорошо организованной выгрузкѣ, бетонъ падаетъ непосредственно къ мѣсту его примѣненія; его не приходится болѣе передвигать. Поэтому, если стоимость производства начинается съ извѣстнаго момента увеличиваться противъ смѣты, то можно утверждать, даже не осматривая всего производства, что въ выгрузку бетона вкралась неправильность, заставляющая рабочихъ часть смѣси перепринимать лопатами.

Таковы основанія, которыхъ долженъ придерживаться завѣдывающій бетонными работами при выполненіи своихъ обязанностей.

Ознакомление съ этими основаніями показываетъ намъ, что бетонныя работы ближе поддаются точному учету, чѣмъ земляныя, такъ какъ въ послѣднихъ неожиданные случаи чаще и многочисленнѣе; дѣйствительно, при земляныхъ работахъ, приходится считаться съ крѣпостью скалъ, съ обвалами, измѣненіями высоты фронта атаки, съ дальностью разстоянія, на которое можно выбросить лопатой выкопанную массу и т. д.

Заочный контроль. Кромѣ непосредственнаго надзора, контроль надъ бетонными работами долженъ находиться еще въ рукахъ инженера, мѣстопробываніе котораго зачастую находится вдали отъ работъ. Для этой цѣли служатъ ежедневные рапорты.

Ежедневные рапорты.—Значение их. Каждый вечер непосредственно надзирающий за бетонными работами долженъ составить рапортъ, обозначивъ въ особыхъ графахъ число людей и часовъ работы, а также число приготовленныхъ куб. метровъ бетона. Рапортъ долженъ быть разграфленъ на столько частей, сколько имѣется отдѣлений на заводѣ.

Часы, относящіеся до десятниковъ, лошадей и возчиковъ, должны быть выдѣлены особо. Кромѣ того, рапортъ можетъ содержать въ себѣ разныя данныя, касающіяся прибытія матеріаловъ, различныхъ расходовъ, какъ то: угля, масла, извести, цемента и т. д.

Обратная сторона этого документа оставляется для общих замечаний.

Рапортъ составляется по такому образцу.

Бетонный Заводъ

Число.....

Время.....

Бетонированіе массива.....

ПРИГОТОВЛЕНО КУБ. МЕТРОВЪ:.....		Людей.		Лошадей и возчиковъ.		Десятни- ковъ.		ПРИМѢЧАНІЯ.
		число.	часы.	число.	часы.	число.	часы.	
ПЕСОКЪ.	Нагрузка							
	Перевозка							
РАСТВОРЪ.	Заготовка цемента							
	Сухое смѣш. и нагров.							
	Приготов. и вымѣрка							
ВАЛУНЫ.	Нагрузка							
	Перевозка							
	Промывка							
БЕТОНЪ.	Смѣшен. на крышкѣ							
	Перевозка и выгрузка							
	Разравнив. и трамбов.							
<i>Итого</i>								
Среднія стоимости часа								
Стоимость производства.....								
ПОДЕННАЯ ПЛАТА и РАЗНЫЕ РАСХОДЫ:								
Подростки				Масло				
Истопники и машинисты				Жиръ				
Цементъ				Уголь				
Песокъ				Пакля				
Валуны				И т. д. и т. д.				

Сообщаемыя свѣдѣнія должны строго отвѣчать дѣйствительности.

Рапортъ отсылается каждый вечеръ въ центральное бюро.

Въ бюро правленія, довѣренный служащій долженъ извлечь изъ рапортовъ цифры и занести ихъ по датамъ въ реестровую книгу, столбцы которой расположены въ обратномъ, чѣмъ въ рапортѣ, порядкѣ: такое расположеніе облегчаетъ дальнѣйшія сложенія. Составленіе перечня рапорта требуетъ всего нѣсколько минутъ.

По прошествіи извѣстнаго промежутка времени: двухъ недѣль, мѣсяца, или двухъ мѣсяцевъ, въ случаѣ возникновенія какого-либо сомнѣнія, точность рапортовъ проверяется.

Цифры ошибочныя или ложныя не могутъ ускользнуть отъ вниманія; слѣдуетъ только вести проверки ихъ до окончанія работъ и при ревизіяхъ работъ слѣдить за состояніемъ веденія отчетныхъ записей, такъ какъ часто случается, что руководители работъ, въ силу невнимательнаго отношенія къ дѣлу, вписываютъ рабочихъ, приставленныхъ къ фабрикаціи бетона, въ другія имъ не принадлежащія графы. Дѣйствительно, при большихъ работахъ всегда существуютъ разныя манипуляціи, которыя трудно отнести къ какой-либо опредѣленной категоріи, и точное опредѣленіе размѣровъ которыхъ весьма затруднительно; сюда относятся, наприкладъ, случаи починокъ, прокладки рельсъ, непредвидѣнныхъ работъ, обваловъ и т. д. Этотъ факторъ, искажая результаты, вліяетъ на стоимость производства, придавая ей цифрѣ ложный экономическій характеръ.

Внесеніе рапортовъ въ реестровую книгу драгоцѣнно еще и въ другихъ отношеніяхъ: оно заключаетъ въ себѣ всю исторію подряда; оно позволяетъ глубже ознакомиться съ важными задачами выгоды работъ; оно гарантируетъ математически точный контроль не только для производящихся работъ но и для произведенныхъ уже работъ. Благодаря этому, подрядчикъ можетъ дать себѣ ясный отчетъ за каждый день во всемъ, что имѣетъ для него интересъ: въ ходѣ работъ, стоимости производства, расходахъ, вознагражденіи рабочимъ, ускореніи, которое надо придать работѣ, измѣненіяхъ, которыя слѣдуетъ ввести въ дѣло и т. д.

Эти документы пріобрѣтаютъ еще большее значеніе, когда приходится вести параллельно нѣсколько аналогичныхъ работъ: въ подобныхъ случаяхъ достаточно бѣгло взгляда, брошеннаго въ реестровую книгу, чтобы раскрыть злоупотребленія или ошибки въ организаціи.

Подобная запись рапортовъ, составленныхъ для мастерскихъ— по добычѣ, сортировкѣ, дробленію и перевозкѣ камней, гарантируетъ, путемъ сравненія результатовъ, надежный контроль надъ всѣми службами и всѣми поставками; кромѣ того, при такой постановкѣ дѣла получается еще то преимущество, что служебный персоналъ,

часто очень многочисленный и раскинутый на большомъ пространствѣ, занять работой непрерывно.

Наконецъ, слѣдуетъ рекомендовать, для центральныхъ бюро, составленіе диаграммъ, на основаніи получаемыхъ цифръ; такой пріемъ, всегда осуществимый, облегчаетъ провѣрки.

Заключение. Анализируя экономическую сторону бетонныхъ работъ, мы приходимъ къ заключенію, что различныя фазы этого производства, вообще говоря, не представляютъ ничего спеціальнаго: онѣ сводятся къ манипуляціямъ нагрузки и перевозки, т. е. онѣ суть ничто иное, какъ настоящія операциі земляныхъ работъ.

Наконецъ, коэффициенты производительности рабочаго показываютъ, что, при надлежащей организаціи, выполненіе бетонныхъ работъ можетъ свестись къ цифрамъ замѣчательной дешевизны, дающимъ поразительную экономію, особенно, если рельефъ почвы удобенъ для этажнаго расположенія всего устройства.

§ 4.

Различныя расположенія бетонныхъ заводовъ.

Этажное расположеніе.—*Алжиръ.* Въ 1843, г. Кранцъ устроилъ, при работахъ въ Алжирскомъ портѣ, этажное расположеніе завода, которое заслуживаетъ быть указаннымъ, какъ общій типъ сооруженій такого рода *).

„Воспользовались съ выгодой тѣмъ обстоятельствомъ, что вертикальный откосъ (эскарпъ) имѣлъ отъ 14 до 17 метровъ высоты и господствовалъ надъ набережной, на которой производилась отливка бетона въ формы. Матеріалы — камни, песокъ, известь (исключая пуццоланы, которая поднималась краномъ), — все это доставлялось по путямъ, находившимся сверху эскарпа.

„Вотъ рациональные размѣры расположенія этажей:

„Начиная снизу, площадка перваго этажа, предназначеннаго для принятія уже вполнѣ готоваго бетона, должна быть расположена выше верхняго края вагоновъ, доставляющихъ бетонъ къ формамъ для отливки.

„Прибавляя къ высотѣ этихъ формъ, (1,50м.), толщину полотна дороги, высоту вагоновъ и толщину пола (площадки), найдемъ что высота перваго этажа надъ поверхностью почвы должна быть 3,80м.

*) Кранцъ опубликовалъ большой мемуаръ, посвященный этимъ работамъ; мы беремъ изъ него размѣры, касающіеся устройства этажей и резюмируемъ данныя, относящіеся къ общему ходу производства.

„Во второмъ этажѣ принимается вполнѣ готовый растворъ, автоматически падающій въ бетоньерку; сюда же доставляются очищенные и промытые камни, прибавляемые въ соотвѣтственной пропорціи въ бетоньерку. Высота этого этажа должна быть не менѣе 2,25м. надъ первымъ этажемъ.

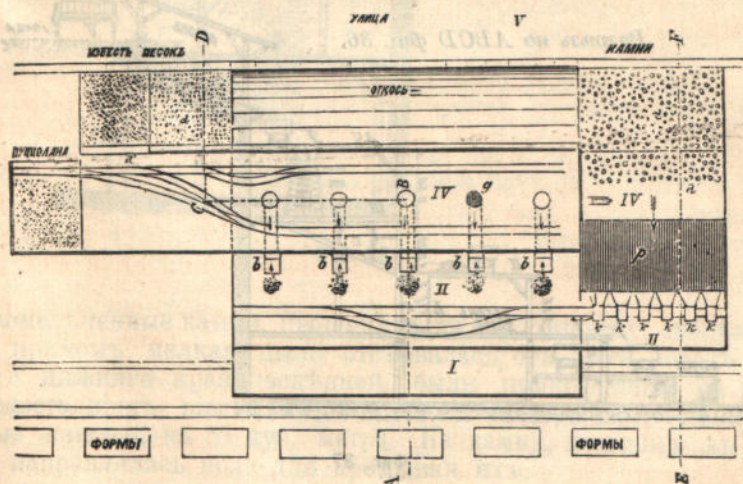
„Въ третьемъ этажѣ—приготавливается растворъ, сортируются и промываются камни и грузятся въ вагоны; высота его должна равняться высотѣ предыдущаго этажа, т. е. также 2,25м.

„Чтобы нагрузкой аппаратовъ-смѣшивателей не мѣшать рабочимъ, занятымъ приведеніемъ въ дѣйствіе этихъ смѣшивателей, необходимъ также и четвертый этажъ, предназначенный для доставки извести, песку и пуццоланы. Въ этомъ же этажѣ принимались и просѣивались камни. Высота его равна 2,50м.

„Итакъ, заводъ имѣлъ четыре этажа, послѣдовательныя высоты которыхъ, считая снизу, надъ поверхностью земли были:

- I. Нагрузка бетона. 3,80м.
- II. Производство бетона. 6,05 „
- III. Производство раствора. 8,30 „
- IV. Доставка матеріаловъ 10,80 „
- V.—представлялъ изъ себя уровень пути, по которому подвозились матеріалы (см. фиг. 36, 37 и 38).

Общее расположеніе. Центральный корпусъ завода вмѣщалъ въ себѣ мастерскія для приготовленія раствора и бетона.



Фиг. 36.

Лѣвое крыло было предназначено для складовъ извести, песку и пуццоланы.

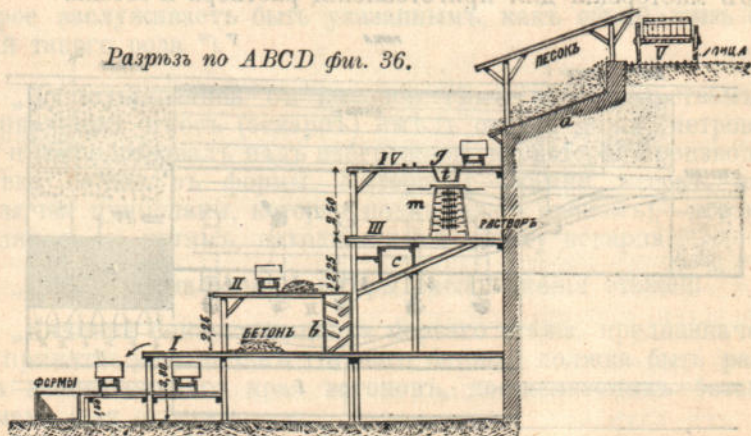
Правое крыло служило для доставки, просѣиванія черезъ рѣшета и смачиванія камней.

Ходъ производства. Песокъ и гашеная известь (въ порошокѣ), выгруженные изъ телѣгъ, помѣщались на наклонно расположенную и бетонированную площадку *a*, по которой эти матеріалы, безъ затраты особой силы со стороны рабочихъ, легко спускались до уровня верхняго края вагоновъ IV-го этажа. Помѣщенія для извести и песку имѣли вѣстимость, достаточную для запаса ихъ на два дня работы (фиг. 36 и 37).

Выгруженные и помѣщенные передъ аппаратами-смѣшивателями, эти матеріалы подкидывались по очереди и въ равныхъ объемахъ на рѣшетку *g*. Эта послѣдняя была образована изъ желѣзныхъ полосъ, лежащихъ на разстояніи 0,02м. другъ отъ друга и помѣщалась на уровнѣ IV-го пола, какъ разъ противъ смѣшивателя. Недожогъ извести и болѣе крупныя зерна песку задерживались такой рѣшеткой; ихъ откидывали въ сторону въ кучи, чтобы убраться къ концу рабочаго дня.

Подъ рѣшеткой помѣщалась воронка *t*, направлявшая смѣсь въ аппаратъ. Воронка эта должна была оканчиваться на нѣсколько сантиметровъ выше плоскости, въ которой происходило вращеніе рукоятокъ смѣшивателя. Смѣшиватели *m* приводились въ движеніе рабочими, которые помѣщались на III-мъ полу. Питаніе водой было обезпечено устройствомъ водопровода съ разными отвлѣтвленіями трубъ.

Разрѣзъ по ABCD фиг. 36.



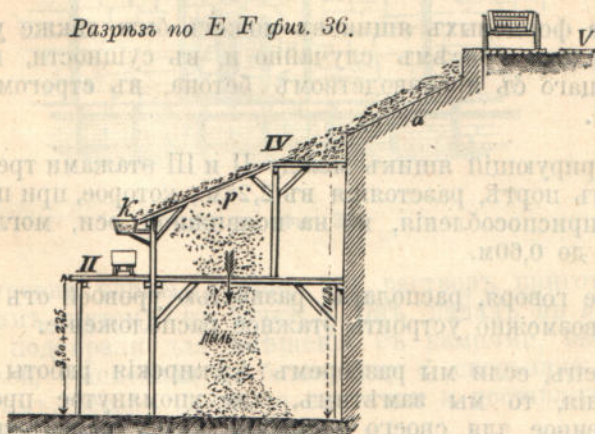
Фиг. 37.

Готовый растворъ выпускался изъ нижней части аппарата—смѣшивателя и падалъ на наклонный досчатый каналъ *c*, размѣрами въ 3,50м. при основаніи и 1,50м. высотой. У нижней части этого канала два подвижные щита *v*, отстоявшіе другъ отъ друга

приблизительно на разстояніи одного метра, образовывали между собой пространство (камеру) въ $\frac{1}{4}$ куб. метра. Благодаря такому устройству, калибрование раствора легко выполнялось. Въ тотъ моментъ, когда необходимое количество камней, отвѣчающее одному замѣшиванію, складывалось передъ бетоньеркой, рабочій, завѣдывающій фабрикацію бетона, опускалъ нижній щитъ и поднималъ верхній, давая войти въ промежутокъ между ними желаемому количеству раствора.

Камни, служившіе для приготовления бетона, выгружались съ верху наружнаго вала, по наклонной плоскости a' , на полъ IV; послѣдній могъ принять количество камня, затрачиваемаго въ течение цѣлаго дня работы. Со стороны моря, этотъ полъ оканчивался наклонной плоскостью (р), основаніе которой относилось къ высотѣ ея какъ 3 къ 2. Эта плоскость (фиг. 38), занимавшая собой всю высоту между этажами III и IV, состояла изъ деревянной рѣшетки съ перекладинами, отстоявшими другъ отъ друга на разстояніи 0,01м. Перекладины, шириной въ 0,03м., были направлены по линіи наибольшаго ската наклонной плоскости.

Разрѣзъ по E F фиг. 36.



Фиг. 38.

Размельченные камни, брошенные на эту рѣшетку, скользили внизъ, причемъ мелкая пыль отсѣивалась отъ нихъ черезъ рѣшетку. У нижняго края послѣдней, были прикрѣплены на равныхъ разстояніяхъ шесть ящиковъ k съ подвижнымъ дномъ и емкостью каждый въ $\frac{1}{2}$ куб. метра. На камни, попавшіе въ эти ящики, направлялась вода для промывки ихъ.

Вагоны, ходившіе по полу II, останавливались подъ ящиками k и нагружались автоматически. Затѣмъ, камни, подвезенные къ бетоньеркамъ b (призматическимъ), вываливались на полъ. Въ бетоньерку валуны бросали лопатами; въ началѣ этой послѣд-

ней операціи, опускался верхній щитъ и поднимался нижній, отчего растворъ изъ вышеупомянутой камеры спускался внизъ въ бетоньерку, соединяясь и смѣшиваясь съ забрасываемыми въ бетоньерку валунами.

Наконецъ, по выходѣ изъ бетоньерки, бетонъ принимался на мощеную площадку, помѣщенную на уровнѣ пола I. Рабочіе распредѣляли продуктъ по вагонамъ, стоявшимъ подъ этимъ поломъ и бетонъ увозился и выгружался въ формовые ящики.

Замѣчанія. При бетонныхъ работахъ, рѣдко располагають такими большими разностями уровней, какъ это случилось въ Алжирѣ; и поэтому, при этажномъ устройствѣ завода, дѣло заключается въ томъ, чтобы умѣть обойти недостатокъ требуемой высоты разными приспособленіями.

Такъ, возвращаясь къ разобранному примѣру, мы видимъ, что, при пользованіи нынѣ примѣняемыми легкими вагончиками, мы имѣли бы возможность уменьшить разстояніе I-го этажа отъ поверхности земли по крайней мѣрѣ на одинъ метръ.

Высота формовыхъ ящиковъ можетъ быть также уменьшена, ибо она введена совсѣмъ случайно и, въ сущности, не имѣетъ ничего общаго съ производствомъ бетона, въ строгомъ смыслѣ этого слова.

Калибрующій ящикъ между II и III этажами требовалъ, въ Алжирскомъ портѣ, разстоянія въ 2,25м., которое, при примѣненіи такого же приспособленія, но на подвижной оси, могло бы быть уменьшено до 0,60м.

Короче говоря, располагая разностью уровней отъ 5 до 6 метровъ, уже возможно устроить этажное расположеніе.

Наконецъ, если мы разберемъ Алжирскія работы съ другой точки зрѣнія, то мы замѣтимъ, что упомянутое производство, безукоризненное для своего времени, нынѣ неизбежно должно было бы подвергнуться нѣкоторымъ улучшеніямъ въ экономическомъ отношеніи.

Въ IV этажѣ, нагрузку матеріаловъ слѣдовало бы устроить автоматическую

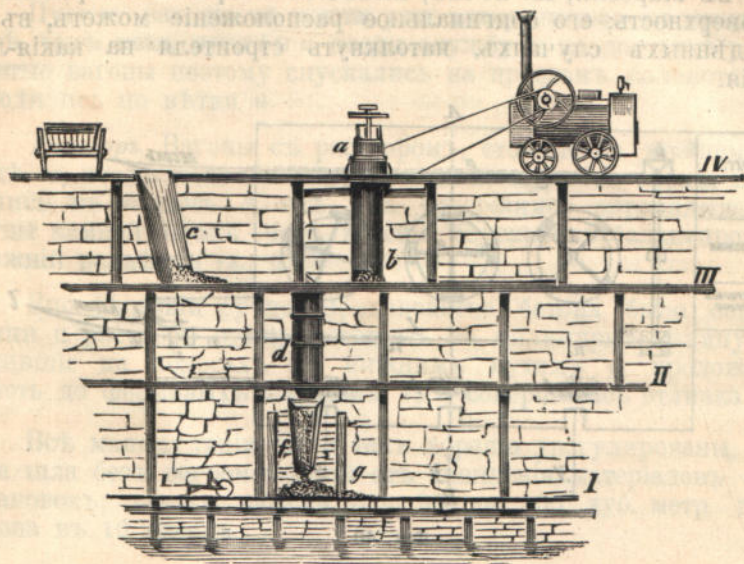
Во II этажѣ, камни слѣдовало-бы выгружать прямо на крышку, придѣланную къ верхней части бетоньерки, что слѣдало бы излишней вторичную нагрузку всей массы камня лопатами.

Нагрузку вагоновъ готовымъ бетономъ можно было бы производить непосредственно изъ бетоньерки, выпуская бетонъ прямо въ подставляемые подъ нее вагоны.

Другой примѣръ этажнаго расположенія. Образцомъ сооруженій

этого рода, въ прежнія времена, можетъ служить этажное расположение завода, при постройкѣ моста St. Michel въ Парижѣ.

Не безынтересно привести возраженія, которыя вызывало бы нынѣ подобное устройство.



Фиг. 39.

На уровнѣ улицы IV (фиг. 39), растворъ приготавлился механическимъ путемъ въ бочкѣ *a*. Онъ падалъ въ *b* на полъ III; тамъ его подбирали для смѣшенія съ камнями, выгруженными въ *c*. Смѣсь, брошенная въ бетоньерку *d*, скользила по желобу *f* въ *g*; затѣмъ, бетонъ грузился въ тачки и доставлялся на мѣсто его примѣненія.

Полъ II служилъ для разныхъ операций, не относящихся къ бетону.

Въ настѣющее время, при такомъ расположеніи, издержки по производству были бы значительно сокращены.

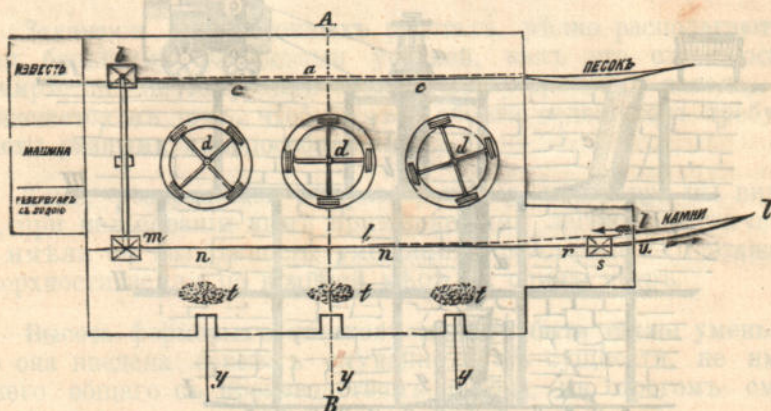
Растворъ, по выходѣ изъ смѣшивателя, слѣдовало бы направлять прямо въ калибрующій ящикъ на подвижной оси, чѣмъ была бы устранена необходимость вторичной нагрузки раствора.

Также слѣдовало бы устранить вторичную нагрузку камней, сваливаемыхъ въ *c*.

Нижняя заслонка у бетоньерки позволила бы непосредственно нагружать бетонъ въ вагончики, служащіе для его перевозки.

Словомъ, такимъ путемъ, вдвое можно было бы сократить работу и соответственно этому уменьшить издержки.

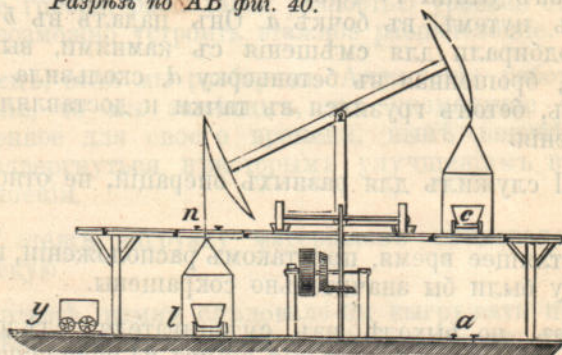
Старинное устройство въ Марсели. Мы опишемъ, какъ историческую рѣдкость, заводъ, устроенный болѣе сорока лѣтъ тому назадъ въ Марсели, на почвѣ, имѣвшей совершенно горизонтальную поверхность; его оригинальное расположеніе можетъ, въ непредвидѣнныхъ случаяхъ, натолкнуть строителя на какія-либо указанія.



Фиг. 40.

Полъ, гдѣ, происходила фабрикація, былъ приподнять почти на 3м. отъ земли (фиг. 40 и 41).

Разрѣзъ по АВ фиг. 40.



Фиг. 41.

Песокъ. Онъ доставлялся по нижнему пути *a*, поднимался вертикально въ *b* на площадкѣ балансира *bt* и выгружался передъ чанами *d*, идя уже по верхнему пути *c*. Пустые вагончики возвращались той же дорогой.

Известь. Она подвозилась прямо изъ склада по пути с.

Валунъ. Они доставлялись по нижнему пути *и*, поднимались вертикально въ *т* на второй площадкѣ балансира *бт* и выгружались передъ прорѣзами, предназначенными для свалки бетона, идя верхнимъ путемъ *п*.

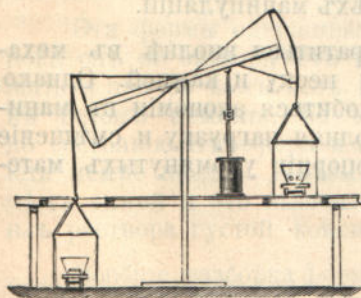
Пустые вагоны не могли уже возвращаться по прежней дорогѣ, такъ какъ пути *л* и *и* несли службу и по доставкѣ раствора. Пустые вагоны поэтому спускались на простомъ балансирѣ *з* и вводились по вѣтви *и*.

Растворъ. Вагоны съ растворомъ, стоящіе на нижнемъ разъѣздѣ *rs*, послѣ подъема камней, поднимались на верхъ, и подводились къ чанамъ *д*, гдѣ ихъ содержимое опрокидывалось на груды камней, послѣ чего вагоны спускались балансиromъ *з* на прежній разъѣздъ *rs*.

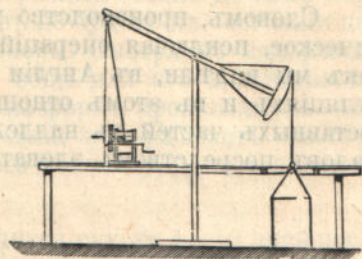
Впослѣдствіи ручное производство бетона было оставлено; камни и растворъ стали помѣщать въ цилиндры—манипуляторы, ходившіе на колесахъ по нижнимъ путямъ *у*, проложеннымъ вплоть до формовыхъ ящиковъ, гдѣ совершалась отливка бетона.

Всѣ манипуляціи были такъ хорошо урегулированы, что работа шла безъ загроможденій отъ скопленія матеріаловъ и безъ остановокъ; заводъ давалъ отъ 90 до 100 куб. метр. готоваго бетона въ 10 часовъ.

Въ настоящее время, при легкомъ подвижномъ составѣ, можно было-бы измѣнить расположеніе завода этого типа, пользование которымъ ограничено извѣстными рамками.



Фиг. 42.



Фиг. 43.

Замѣчаніе. Мы считаемъ полезнымъ напомнить здѣсь о системѣ балансирной и системѣ римской, — старыхъ приспособленіяхъ, которыя, однако, способны оказать значительныя услуги, когда дѣло идетъ о томъ, чтобы переходить внезапныя разницы уровней, не превышающихъ, впрочемъ, 3,50—4,00м.

Балансирная система (фиг. 42) примѣняется для одновременнаго обслуживанія двухъ путей. Она заключается въ примѣненіи двухъ квадратныхъ платформъ, висящихъ на желѣзныхъ прутьяхъ, прикрѣпленныхъ нижними концами къ угламъ этихъ платформъ, а сверху къ деревянному балансиру, поддерживаемому деревянной же стойкой. Моменты этихъ вѣсовъ не равны между собой, и потому въ состояніи покоя онѣ перетягиваютъ на одну сторону. Маленькая паровая машина приводитъ балансиръ въ движеніе. Ходъ поршня урегулированъ такъ, чтобы каждая платформа поочередно могла достигъ желаемаго уровня; эти платформы несутъ на себѣ отрѣзки рельсовъ, на которыхъ стоятъ вагоны.

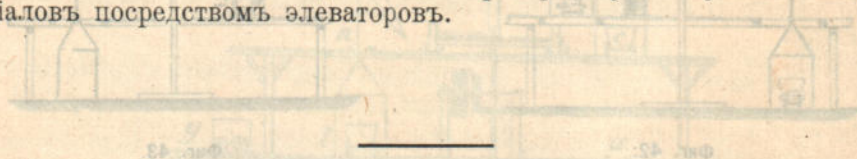
Римская система (фиг. 43), по конструкціи сходна съ описанной; только она можетъ обслуживать одинъ путь, такъ какъ въ ней только одна платформа. Противовѣсъ въ этой системѣ замѣненъ ручнымъ воротомъ, прочно прикрѣпленнымъ къ полу.

Замѣчанія. Расположеніе мѣстности, величина помѣщеній для складовъ, различіе уровней, и т. д. даютъ возможность примѣнять различнаго рода комбинаціи.

Такъ, можно осуществить этажное устройство, подымая всѣ матеріалы помощью маленькихъ наклонныхъ плоскостей. Можетъ даже случиться, что растворъ, приготовленный въ нижнемъ этажѣ, будетъ поднятъ также, какъ и валуны, до уровня верхняго края бетоньерки.

Было бы излишнимъ останавливаться долѣе на описаніи бетонныхъ заводовъ. Читатель пойметъ, что всѣ эти работы, если вникнуть хорошенько въ ходъ каждой изъ нихъ, аналогичны между собой и что цѣль, которую надо преслѣдовать, состоитъ въ наивозможно большемъ сокращеніи всѣхъ манипуляцій.

Словомъ, производство можетъ обратиться вполне въ механическое, исключая операций нагрузки песку и камней. Однако, какъ мы видѣли, въ Англіи сумѣли добиться экономіи въ манипуляціяхъ и въ этомъ отношеніи, выполняя нагрузку и смѣшеніе составныхъ частей въ надлежащей пропорціи упомянутыхъ матеріаловъ посредствомъ элеваторовъ.



ГЛАВА VIII.

Формы для отливки бетона.

Общія замѣчанія. Такъ какъ въ этой книгѣ разсматривается главнымъ образомъ примѣненіе бетона къ общественнымъ работамъ, то мы будемъ разбирать вопросъ о формахъ для отливки его съ точки зрѣнія сооруженія большихъ массивовъ; мы не будемъ останавливаться на описаніи мелкихъ специальныхъ приспособленій, привилегіи на которыя постоянно заявляются промышленниками, и которыя въ области гражданскихъ сооружений, вмѣстѣ съ лѣпными украшеніями, составляютъ обычные примѣненія, очень часто видоизмѣняющіяся.

Тѣмъ не менѣе, свѣдѣнія помѣщенныя въ этой главѣ, позволяютъ читателю понять идею всѣхъ подобныхъ устройствъ и облегчатъ ему разрѣшеніе вопросовъ этого рода для всевозможныхъ случаевъ практики.

Въ моментъ примѣненія въ дѣло, бетонъ обладаетъ извѣстной долей пластичности, дающей возможность придавать массивамъ самые сложные профили; для этой цѣли, бетонъ помѣщается въ соотвѣтствующія этимъ профилямъ *формы*.

Эти формы сдерживаютъ тѣстообразный бетонъ до тѣхъ поръ, пока онъ не затвердѣетъ т. е. массивъ не будетъ въ состояніи держаться прочно самъ безъ внѣшней опоры. Смотря по содержанію въ бетонѣ цемента, по количеству воды для его приготавленія, по состоянію атмосферы и т. д., разборка формъ производится болѣе или менѣе поздно. Лѣтомъ, напр., масса затвердѣваетъ быстро, чѣмъ зимой и это относится также къ монолиту, приготовленному изъ раствора густой консистенціи.

Вообще, разборка формъ производится спустя 4—10 дней послѣ отливки; при лѣпныхъ украшеніяхъ этотъ срокъ спускается до 24 часовъ.

Ученіе о формахъ, будучи чисто дѣломъ практики, не допускаетъ никакихъ формулъ; однако, эта отрасль, руководясь исключительно примѣрами практики, подчиняется извѣстнымъ установленнымъ принципамъ.

Уловія, которымъ должны удовлетворять формы. Формы для отливки бетона должны удовлетворять слѣдующимъ условіямъ:

1) Для выполненія ихъ слѣдуетъ выбирать матеріалы, дешево стоющіе и отвѣчающіе своему назначенію.

2) Онѣ должны легко складываться и легко сниматься: эти операціи должны быть таковы, чтобы ихъ могли выполнять рабочіе.

3) Онѣ должны обладать прочной конструкціей и быть въ состояніи сопротивляться собственному вѣсу бетона и силамъ, въ немъ проявляющимся при трамбованіи.

4) Ихъ установка должна быть такой, чтобы возможность скрѣпленій для каждаго случая достигалась прочно и быстро,

5) Поверхности ихъ, соприкасающіяся съ возводимымъ сооруженіемъ, должны быть сбивныя; онѣ должны отчетливо и правильно воспроизводить облицовку сооруженія.

Употребляемые матеріалы. Въ работахъ не особой важности, бетонъ отливаютъ иногда въ формы, сдѣланныя изъ кирпичей, связанныхъ очень тощимъ растворомъ. По окончаніи схватыванія и затвердѣванія бетона, такую форму ломаютъ.

Въ Choindez, въ 1881 году, былъ построенъ мостъ, съ пролетомъ въ 12м., изъ бетона на шлаковомъ цементѣ. вмѣсто деревянной формы, было воздвигнуто по обѣ стороны арки по очень тонкой стѣнкѣ изъ шлаковыхъ кирпичей; внутри, образованной такимъ путемъ формы, была залита и утрамбована бетонная масса, образовавшая съ наружными стѣнками одинъ цѣльный монолитъ.

Эта система часто примѣняется въ Германіи, при постройкѣ бетонныхъ мостовъ.

Вообще же для формъ примѣняется почти всегда дерево. Оно употребляется въ видѣ толстыхъ досокъ или досчатыхъ щитовъ и т. д., соединяющихся другъ съ другомъ въ стыкъ и ограждающихъ собой поверхности массивовъ; снаружи, образованные такимъ образомъ, стѣнки изъ досокъ поддерживаются въ надлежащемъ положеніи помощью стоекъ или подкосовъ.

Листовое желѣзо, при незначительной толщинѣ (отъ 2 до 3 миллиметр.), также служитъ для этой цѣли; однако, на практикѣ дерево обыкновенно предпочитается.

Чтобы по достоинству оцѣнить преимущества, доставляемые примѣненіемъ дерева, стоитъ обратиться къ рассмотрѣнію большихъ работъ, гдѣ эти операціи ведутся съ лихорадочной быстротой и притомъ постоянно подвергаются стѣсненіямъ, причиняемымъ имъ земляными работами, бетонированіемъ и т. д.

Преимущества употребленія дерева. Стоимость дерева значительно ниже стоимости листового желѣза. Кромѣ того, дерево такой матеріалъ, который легко имѣть повсюду, чего нельзя сказать о металлахъ.

Дерево допускает выдѣлку формы любого профиля, тогда какъ металлу можно придавать только опредѣленные профили.

Въ деревянныхъ формахъ, для взаимнаго скрѣпленія частей ихъ другъ съ другомъ, достаточно только нѣсколькихъ гвоздей, тогда какъ соединеніе металлическихъ листовъ требуетъ употребленія болтовъ, гаекъ, шпонокъ, и т. д.: эта мелочь постоянно ржавѣетъ, ломается и затеривается.

Дерево почти не подвержено деформациямъ; оно противопоставляетъ удару значительную эластичность, что является крайне важнымъ элементомъ при разборкѣ формъ, когда дереву придется падать на землю съ большой высоты: листовое желѣзо, при такихъ условіяхъ, согнулось бы, pokrивилось или лопнуло.

Обращеніе съ деревомъ менѣе опасно для рабочаго; при спѣшной работѣ, желѣзо представляетъ опасность, благодаря своимъ острымъ угламъ и рѣжущимъ краямъ.

Разорванный металлическій листъ уже не можетъ служить, тогда какъ, если конецъ деревяннаго куска имѣетъ дефектъ, то его просто можно отрѣзать прочь.

Дерево, по своей природѣ, вообще болѣе способно удовлетворять всѣмъ неожиданнымъ нуждамъ мастерской: такъ, если, на примѣръ, надо врѣзать въ бетонъ забытое гнѣздо, то въ деревянной формѣ сейчасъ же легко прорѣзать для этой цѣли надлежащее отверстіе, тогда какъ, при металлической формѣ, придется разобрать въ этомъ случаѣ, всю систему листовъ.

Для металлической формы, надо имѣть листы съ размѣрами, рассчитанными заранее; соединеніе ихъ затрачиваетъ со стороны рабочихъ много времени и изворотливости, тогда какъ дерево годится въ тѣхъ размѣрахъ, въ какихъ оно случайно имѣется; если попадается кусокъ слишкомъ длинный, то на мѣстѣ же достаточно нѣсколькихъ взмаховъ пилы, чтобы придать ему желаемую длину.

Дубъ можетъ служить для обшивки, для подкосовъ, стоекъ и т. д. тогда какъ листовое желѣзо можетъ выполнять лишь одно свое назначеніе.

Металлъ окисляется; этого явленія не недо упускать изъ виду на тѣхъ работахъ, гдѣ металлическіе листы, на открытомъ воздухѣ, служатъ нѣсколько разъ для однѣхъ и тѣхъ же цѣлей.

Дерево поглощаетъ гораздо быстрѣе влажность или избытокъ воды въ бетонѣ; слѣдовательно, разборку формы можно производить раньше.

Формы въ фортификаціонныхъ работахъ. Фортификаціонныя работы даютъ богатое поле для изученія и достойны того, чтобы подробно остановиться на нихъ, такъ какъ массивы ихъ, идущіе

по всевозможнымъ направлѣніямъ, вызываютъ примѣненіе разнообразныхъ формъ, представляя различные случаи, какіе только, вообще, приходится въ практикѣ встрѣчать.

Въ Масскихъ фортахъ, формы были устроены изъ еловаго дерева. Толстыя доски, толщиною въ 0,08м., длиною отъ 3,00м. до 5,66м. и шириною отъ 0,11м. до 0,23м., служили для обшивки. Брусья, обтесанные на 4 канта, изъ того-же дерева, служили стойками: брусья, впрочемъ, часто замѣнялись накатникомъ, съ діаметромъ отъ 0,10м. до 0,15м. Для опалубки кружалъ подъ сводами служилъ рѣшетникъ, размѣрами 0,07м.×0,08м.

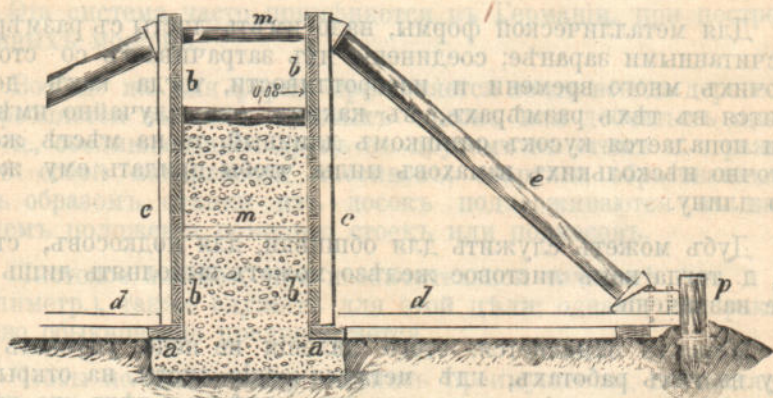
Съ цѣлю пользованія матеріалами съ наибольшей экономіей, имъ давали по возможности болѣе частое обращеніе въ дѣлѣ, подвергая формовкѣ за разъ лишь небольшую часть массивовъ.

На 1,8 куб. метръ бетона, приходилось дѣлать около 1 кв. метра обшивки.

Фундаменты. Въ твердомъ грунтѣ, бока котловановъ служили въ тоже время и формой для отливки въ нихъ бетона.

Въ мягкомъ грунтѣ, для фундаментовъ устраивали формы, аналогичныя тому, какія устраиваются для стѣнъ.

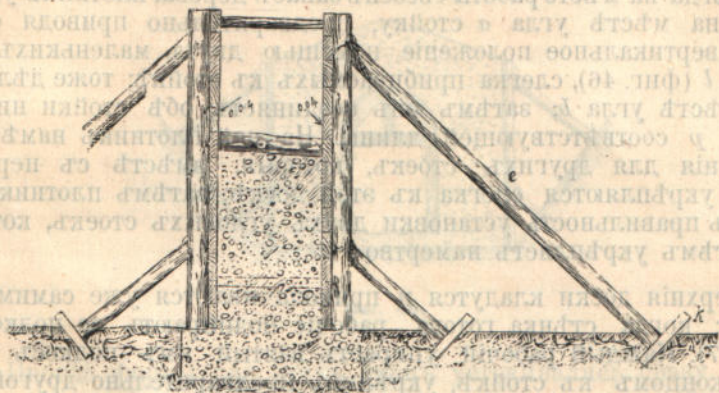
Прямая опорная стѣна, нижняя часть.—Типичная форма. (Фиг. 44). На самой почвѣ или на бетонной постели, служащей основаніемъ стѣны, лежни *a* несли на себѣ два ряда горизонтальныхъ толстыхъ



Фиг. 44.

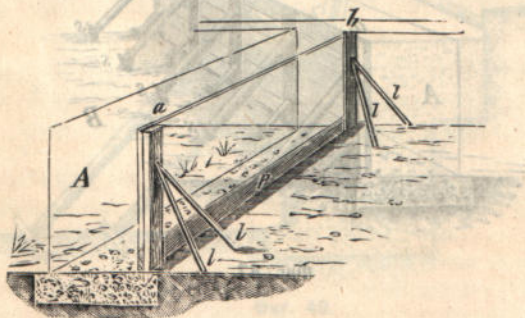
досокъ *b* (обшивку), прикрѣпленныхъ гвоздями къ вертикальнымъ стойкамъ *c*, отстоявшимъ другъ отъ друга приблизительно на 2,50м. (разстоянія считались отъ оси одной стойки до оси другой) и нижними концами опиравшимся также на лежни *a*. У нижняго конца каждой стойки, горизонтальныя поперечины *d*, перпендикулярныя

къ лицевой сторонѣ стѣны, упирались однимъ концомъ въ стойки, другимъ—въ кольца *p*, вбитые въ землю; верхніе концы стоекъ подпирались подкосами *e* при посредствѣ клиньевъ. Неизмѣнность разстоянія между двумя стѣнками формы сохранялась помощью траверсовъ *m*; ихъ передвигали по мѣрѣ того, какъ стѣна росла вверхъ.



Фиг. 45.

Болѣ простая форма. (Фиг. 45). Въ нѣкоторыхъ фортахъ, толстыя доски въ 0,08м. распиливались на двое. Обшивка тогда имѣла толщину лишь въ 0,04м. Брусья для стоекъ были замѣнены круглыми жердями, отстоявшими, считая отъ оси одной до оси другой, на разстояніи 1,40м. другъ отъ друга. Такъ какъ всѣ стѣны имѣли



Фиг. 46.

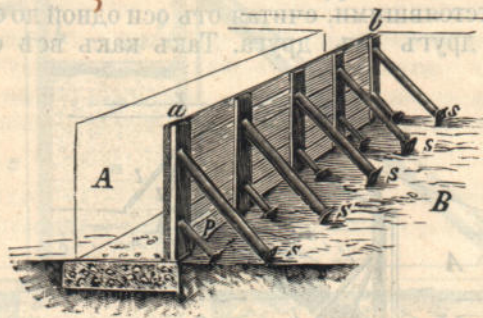
выступы, то лежни *a* и поперечины *d* были устранины. Подкосы *e* упирались нижнимъ концомъ въ небольшой отрѣзокъ доски *k*, вбитой въ землю; верхнимъ же концомъ они приколачивались къ стойкамъ, помощью одного или двухъ гвоздей.

Это экономичное устройство дало превосходные результаты.

Способъ установки. Вотъ, нѣкоторыя техническія подробности, касающіяся установки описанной формы, которая показываютъ, что она можетъ быть выполнена простыми рабочими подъ руководствомъ плотника.

Когда на мѣсто работы свезенъ запасъ дерева, плотникъ укрѣпляетъ на мѣстѣ угла *a* стойку, предварительно приводя ее въ строго вертикальное положеніе помощью двухъ маленькихъ подкосовъ *l* (фиг. 46), слегка прибиваемыхъ къ стойкѣ; тоже дѣлается и на мѣстѣ угла *b*; затѣмъ онъ соединяетъ обѣ стойки нижней доской *p* соответствующей длины. На ней плотникъ намѣчаетъ разстоянія для другихъ стоекъ, которыя, вмѣстѣ съ первыми двумя, укрѣпляются слегка къ этой доскѣ; затѣмъ плотникъ повѣряетъ правильность установки двухъ угловыхъ стоекъ, которыя онъ затѣмъ укрѣпляетъ намертво.

Верхнія доски кладутся и приколачиваются уже самими рабочими; когда стѣнка готова, рабочіе подпираютъ ее подкосами (фиг. 47). Каждый рабочій упираетъ взятый имъ подкосъ верхнимъ концомъ къ стойкѣ, укрѣпивъ предварительно другой конецъ въ землю въ точкахъ *S*. Послѣ этого, каждый напираетъ на свой подкосъ, какъ на рычагъ, стараясь выправить соответствующую ему часть стѣнки. Когда стѣнкѣ такимъ образомъ придано желаемое положеніе, подкосы приколачиваются къ стойкамъ окончательно, а нижній конецъ каждой стойки укрѣпляется для прочности маленькимъ добавочнымъ подкосикомъ.



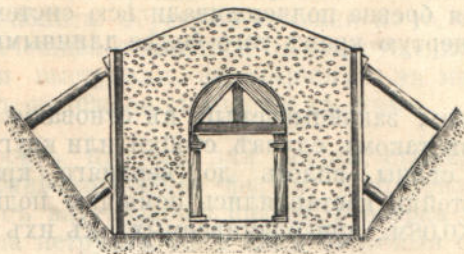
Фиг. 47.

Установивши первыя двѣ стѣнки формы, дальнѣйшее продолженіе ея для стѣны, съ параллельными боками, подвигалось очень быстро, ибо первыя щиты уже указывали направленіе; оставалось лишь повѣрять неизмѣнность ширины формы помощью реекъ съ дѣленіями.

Стѣны другихъ типовъ. Тотъ же способъ обшивки досками

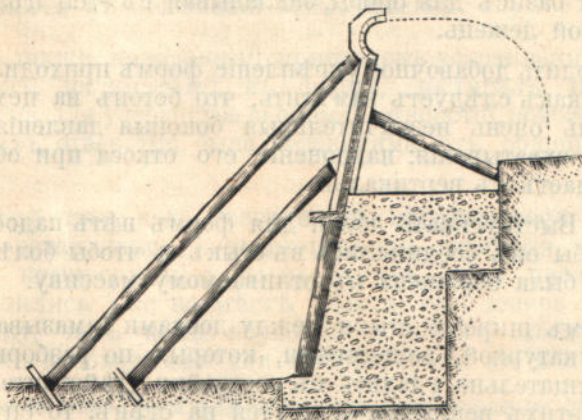
примѣнялся также и при отливкѣ стѣнъ другихъ типовъ (см. фиг. 48 и 49).

Высота формъ. Для опорныхъ стѣнъ, формы устраивались лишь на 2м. высоты, т. е. до начала сводовъ. Тоже самое примѣнялось и для стѣнъ подпорныхъ, имѣвшихъ высоту отъ 5,00м. до 6,00м.



Фиг. 48.

Иногда формы для этихъ стѣнъ устраивались сразу на всю ихъ высоту, чѣмъ, конечно, сокращался трудъ по устройству ихъ. Этотъ приемъ ничего не измѣнялъ, только рабочимъ приходилось пользоваться подмостками для наколачиванія верхнихъ досокъ. Подмостки дѣлались очень просто: нѣсколько подкосовъ, приколо-



Фиг. 49.

ченныхъ гвоздями къ выступающимъ частямъ внутреннихъ стѣнокъ формы, поддерживали собой поперечины. На эти послѣднія клали нѣсколько толстыхъ досокъ, образующихъ такимъ образомъ помость.

При толщинѣ стѣнъ отъ 1,50м. до 2,50м., была возможность

устанавливать форму сразу для всей высоты стѣны, но эта система являлась непримѣнимой для массивовъ меньшей толщины, ибо въ послѣднемъ случаѣ рабочіе не могли свободно двигаться внутри формы, при разравниваніи и трамбованіи слоевъ заливаемого бетона.

Опорныя стѣны.—*Верхняя часть.* (фиг. 49). По снятіи нижней формы, слѣдующая за ней верхняя налагалась по тѣмъ же правиламъ. Круглыя бревна поддерживали всю систему въ отвѣсномъ положеніи, подпертую кромѣ того болѣе длинными, чѣмъ раньше подкосами.

Часто лежень, закладываемый въ основаніе системы, вовсе отсутствовалъ; въ такомъ случаѣ, стойки или круглыя бревна шли отъ основанія стѣны вплоть до верхняго края ея. Слишкомъ короткія стойки наставлялись помощью подкладинъ размѣромъ въ 0,07м.×0,08м., приколачиваемыхъ къ ихъ оконечности.

Укрѣпленіе системы.—*Боковое давленіе бетона.* Кромѣ простоты устройства, вышеописанныя формы обладали еще и тѣмъ драгоценнымъ качествомъ, что давали возможность надзирающему за работой укрѣпить ихъ немедленно, когда это было необходимо.

При устройствѣ формы, слѣдуетъ обращать вниманіе на почву, въ которую вбиваются подкосы. Въ случаѣ, если послѣдніе вбиты въ насыпанный слой земли или недостаточно твердую почву, осторожность требуетъ дать нижнему концу подкоса болѣе широкій базисъ для опоры, закладывая съ этой цѣлью между нимъ и почвой лежень.

Производить добавочное укрѣпленіе формъ приходилось очень рѣдко, такъ какъ слѣдуетъ замѣтить, что бетонъ на цементъ оказываетъ лишь очень незначительныя боковыя давленія, въ виду его быстрого схватыванія; наклоненіе его откоса при обваливаніи почти совпадаетъ съ вертикалью.

Стыки. Выстругивать доски для формъ нѣтъ надобности; достаточно чтобы онѣ соединялись въ стыкъ и чтобы болѣе гладкая сторона ихъ была обращена къ отливаемому массиву.

Слишкомъ широкіе стыки между досками замазываются глиной или штукатуркой, веществами, которыя по разборкѣ формы необходимо тщательно удалить съ постройки. Дѣйствительно, если хоть слѣды этихъ веществъ останутся на стѣнѣ, то сцепленіе ея съ налагаемой впослѣдствіи на стѣну штукатуркой будетъ нарушена; этотъ недостатокъ, хотя и нѣсколько поздно, однако легко обнаружить: при постукиваніи по такимъ мѣстамъ стѣны, штукатурка издаетъ *пустой звукъ*.

Щиты. Чтобы ускорить наложеніе формъ и не приколачивать ихъ досокъ одну за одной, было испробовано примѣненіе щитовъ, связываемыхъ заранѣе изъ нѣсколькихъ досокъ, толщиной въ 0,04м.

Эти щиты были громоздки, тяжелы, неудобны для обращенія и причиняли затрудненія при перевозкѣ ихъ.

Окна, двери, интзда. Положенія дверей, оконъ и всякого рода углубленій, при отливкѣ стѣнъ, намѣчались заранѣе. Такъ, тесовые камни, дерево, желѣзо и т. п. матеріалы, которые въ качествѣ стоекъ, перекладинъ, рамъ и т. д. должны были остаться въ бетонѣ, закрѣплялись въ предназначенныхъ для нихъ положеніяхъ еще до литья монолита. Обратимъ вниманіе на то, что, что всѣ эти части, предназначенныя оставаться въ сооруженіи, часто снабжались лапами или выступами, заходившими въ массу бетона, что обезпечивало ихъ надежное сцѣпленіе съ нимъ.

Чтобы устроить пролетъ для дверей, ставили доски вертикально, или устраивали особыя формы, приготовленныя заранѣе и укрѣпленныя съ внутренней стороны. Разборка этихъ внутреннихъ частей была нетрудна, такъ какъ подобныя системы держались на клиньяхъ, которые достаточно было выбить послѣ затвердванія бетона.

Крючки для дверей вкрѣплялись, обыкновенно, въ тесовые камни (въ формѣ кубовъ), помѣщаемые на свое мѣсто въ моментъ, когда уровень наливаемого бетона достигалъ предназначенной высоты. Гнѣзда въ этихъ камняхъ, для заливки расплавленнымъ металломъ по вставленіи туда крючьевъ, продавливались не раньше возведенія всего массива; эта предосторожность позволяла исправить неточности въ положеніи этихъ камней.

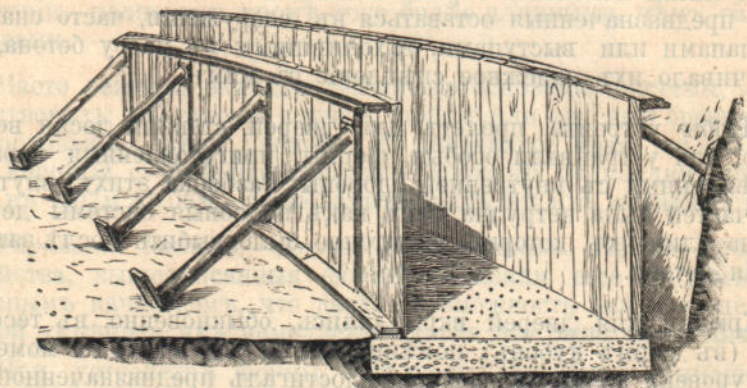
Точно также, подоконный приступокъ устраивали не раньше, чѣмъ бетонъ, наливаемый въ форму, достигалъ назначеннаго уровня; форма, для устройства оконныхъ отверстій, похожая на формы для дверныхъ отверстій, была независима отъ общей формы для стѣнъ.

По мѣрѣ того, какъ возводимый массивъ росъ въ вышину, въ бетонѣ оставлялись соотвѣтствующія отверстія для балокъ, навѣсныхъ крючьевъ и т. д.; въ случаѣ, если послѣдніе матеріалы находились уже на мѣстѣ работъ, ихъ теперь же вводили въ постройку, такъ какъ неудобно и дорого стоитъ пробивать впоследствии необходимыя для того отверстія въ монолитѣ.

Кривыя стѣны. Дуга или горизонтальное лекало, имѣвшее кривизну проектируемаго массива, вырѣзалось изъ толстыхъ досокъ, скрѣпленныхъ другъ съ другомъ.

Эта дуга клалась у подножія возводимой стѣны, отступя отъ фасада стѣны на 0,04м. (толщина обшивки), и направляла собой обшивку формы, перпендикулярную къ ней. Обшивка эта прибавалась къ дугѣ гвоздями, нижними концами образующихъ ее досокъ; верхніе же концы обшивки несли на себѣ подобное же лекало. Вся система снабжалась подкосами, по обычному способу.

Можно было бы при устройствѣ такой формы сообщать доскамъ ея соотвѣтственную кривизну. Однако, это составило бы безполезный расходъ, такъ какъ доски, шириной въ 0,15м., образовывали собой, при радиусѣ кривизны основанія стѣны въ 5м., ломаную, не удалявшуюся отъ кривой основанія далѣе чѣмъ на полмиллиметра. (Стрѣлка дуги, для всѣхъ случаевъ, легко вычисляется по приближенной формулѣ: $\frac{a^2}{2R}$).



Фиг. 50.

При уменьшеніи радиуса кривизны ниже 2м., къ лекаламъ прибавалась сплошная обрѣшетка; такимъ образомъ, вся форма для литья составляла одно цѣлое. Эта система служила для завершения верхняго края стѣны карнизомъ въ формѣ полукруга, діаметромъ въ 0,30м. (фиг. 49).

Наконецъ, отливка верхнихъ частей кривыхъ стѣнъ достигалась путемъ переноса первоначальной формы вверхъ, причемъ ее подпирали вертикальными стойками.

Кривыя формы могутъ быть безразлично вогнутыми или выпуклыми.

Кружала. Въ Масскихъ фортахъ, фермы кружалъ изъ подъ сводовъ, срубленные изъ двухъ рядовъ досокъ, толщиной въ 0,08м., скрѣпленныхъ болтами, отстояли, считая отъ оси одной до оси другой, на 2,00м.; опалубки кружалъ надъ сводами имѣли толщину въ 0,08м.

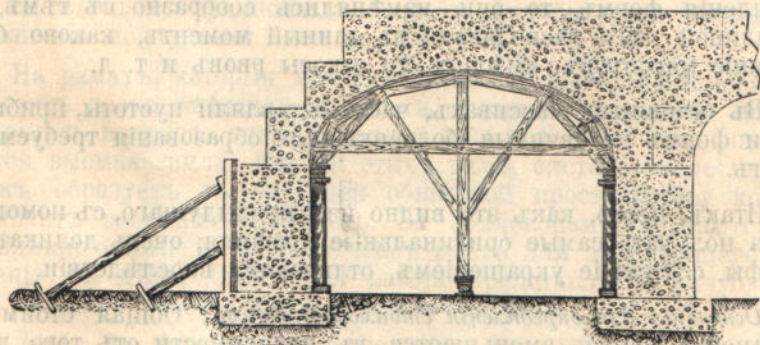
Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ, фермы, отстоящія на 1,40м., служили для полученія сводовъ, имѣя лишь 0,04м. въ толщинѣ опалубки; на такихъ фермахъ бетонировали арки, съ пролетомъ въ 5,50м. и толщиной въ замкѣ 1,00м.

Для бетонирования маленькихъ сводовъ, съ пролетами отъ 1,00м. до 2,00м., употреблялся родъ барабановъ, представлявшихъ связанную систему съ обрѣшеткой.

Установка кружалъ.—Пересѣченіе сводовъ. По возведеніи опорныхъ стѣнъ, установка кружалъ производилась тѣмъ же способомъ, какъ это дѣлается въ обыкновенныхъ работахъ, т. е. при помощи подкладинъ, связанныхъ клиньями и стоекъ, опирающихся на нижнія подкладки, лежащія на землѣ.

Иногда, кружала устанавливались одновременно съ формами опорныхъ стѣнъ, но обѣ системы все-таки были независимы другъ отъ друга, изъ предосторожности, чтобы движеніе одной системы не вызывало перемѣщеній въ другой и чтобы можно было исправить погрѣшности установки обѣихъ системъ.

Здѣсь будетъ умѣстно привести установку (фиг. 51), которая должна быть запрещена: фермы кружалъ свода поддерживаются стойками, входящими въ систему опорныхъ стѣнъ: это сочетаніе опасно во всѣхъ отношеніяхъ.



Фиг. 51.

Въ галлереяхъ, съ сильной горизонтальной кривизной, установка кружалъ не представляла никакого затрудненія. Фермы были болѣе сближены между собою, въ виду меньшей толщины опалубки кружалъ, и направленіе ихъ было нормально къ направленію галлерей.

Въ наклонно идущихъ галлереяхъ, фермы устанавливались нормально къ линіи ската; рядъ такихъ фермъ укрѣплялся помощью системы раскосовъ.

Пересѣченіе наклонно идущей галлерей съ горизонтальной достигалось простымъ продолженіемъ опалубки наклоннаго свода до встрѣчи ея съ опалубкой горизонтальной галлерей.

Въ горизонтальной плоскости, такимъ же способомъ осуществлялось пересѣченіе галлерей съ различными пролетами.

Во всѣхъ случаяхъ, кружала обѣихъ галлерей устанавливались такъ, какъ бы они были совсѣмъ не зависимы другъ отъ друга, послѣ чего опалубку свода съ меньшимъ пролетомъ продолжали до встрѣчи съ опалубкой свода съ болѣе большимъ пролетомъ.

Наконецъ, желая получить очень отчетливо вылитую внутреннюю поверхность сводовъ, на опалубку, передъ операціей бетонирования, накладывали тонкій слой раствора.

Бойницы, амбразуры и т. д. Для образованія самыхъ малыхъ и неправильной формы отверстій, приготовляли формочки изъ дерева незначительной толщины; ихъ помѣщали въ формы для стѣнъ, въ надлежащій моментъ. Вынутіе этихъ формочекъ при разборкѣ послѣднихъ не представляло затрудненій, такъ какъ они составлялись изъ нѣсколькихъ частей.

Замѣчаніе. Мы здѣсь изложили всѣ главныя системы, какія были примѣнены при работахъ въ Масскихъ фортахъ.

Онѣ требовали большой правильности при установкѣ кружалъ и установкѣ формъ для стѣнъ. Что же касалось до приѣмовъ укрѣпленія формъ, то они измѣнялись сообразно съ тѣмъ, какой длиной лѣса располагали въ данный моментъ, каково было очертаніе массивовъ, имѣлись ли откосы рвовъ и т. д.

Въ бетонныхъ массивахъ, часто оставляли пустоты, прибывая внутри формъ деревянные болванки, для образованія требуемыхъ пустотъ.

Итакъ, легко, какъ это видно изъ предыдущаго, съ помощью дерева получать самые оригинальные профили; очень деликатные рельефы, служащіе украшеніемъ, отливаются впоследствии.

Основанія для опредѣленія стоимости формъ. Общая стоимость примѣненія формъ уменьшается въ зависимости отъ того, какъ часто можно снова вводить въ дѣло дерево, пошедшее на устройство первоначальной формы.

Что касается всѣхъ манипуляцій по устройству формъ, какъ то: разборки ихъ, укрѣпленія, снятія кружалъ и т. д. то слѣдуетъ признать за норму, что подъ хорошимъ руководствомъ каждый рабочій моментъ сдѣлать отъ 4,00 до 5,00 кв. метровъ обшивки, въ теченіе десяти часовъ работы.

Это и есть средній коэффициентъ, относящійся къ совокупности работъ по отливкѣ опорныхъ стѣнъ, сводовъ и всѣхъ ихъ деталей.

Другія работы. — Туннели. Установка кружалъ производится обычнымъ манеромъ. Рабочіе помѣщаются по сторонамъ постройки, вдоль продольной оси туннеля; они размѣщаютъ опалубку по мѣрѣ того, какъ бетонированіе подвигается впередъ. Набивка въ замкѣ свода производится помощью небольшихъ обыкновенныхъ лекалъ.

Обшивка толстыми досками опорныхъ стѣнъ подвигается вверхъ одновременно съ тѣмъ, какъ возвышается въ формѣ уро-

вень наливаемого бетона; однако, стойки и подпорки ставятся уже по заливкѣ перваго слоя бетона.

Сточные трубы. Этого рода работы не представляютъ никакихъ особенностей; для бетонирования, также служатъ обыкновенныя кружала и цилиндрическія кружала со сплошной обрѣшеткой.

Устраиваютъ также маленькія фермы на шарнирахъ, которыя могутъ складываться. Въ другихъ случаяхъ, употребляются внутреннія фермы изъ листового желѣза, длиною отъ 1,50 до 2,00 метр., съ поперечнымъ сѣченіемъ въ видѣ овала, открытаго снизу и двѣ стѣнки котораго удерживаются, на подлежащемъ растояніи, распорками.

Галлерей. Бетонированіе ихъ производится также, какъ и туннелей.

Риттеръ въ своемъ „Projet d'alimentation de Paris par les lacs de la Suisse“ предложилъ способъ для быстрого прорытія и выполненія монолитной одежды галлерей.

На рамахъ, которыя можно собирать и разбирать по желанію, скользятъ доски внѣшней обшивки, которыя землекопъ можетъ продвигать впередъ одну за одной по мѣрѣ того, какъ продолжается выемка земли. Внутри этихъ рамъ, система аналогичныхъ досокъ образуетъ съ внѣшней обшивкой пространство, которое надлежитъ заполнить бетономъ. За землекопами двигаются каменщики; одинъ и тотъ же лѣсъ идетъ для дальнѣйшаго примѣненія въ дѣло. Описанная работа представляетъ ничто иное, какъ вариантъ работъ по проложенію штольни.

Дома. Въ Англіи, на различные типы формъ, примѣняющихся для сооруженія домовъ, были взяты привелегіи; однако, опытомъ были дознаны ошибки въ основныхъ принципахъ этихъ привелегій и въ настоящее время изобрѣтенія эти почти совершенно оставлены.

Наибольшее къ себѣ довѣріе сохранила система: „revolving and self fastening apparatus“.

Мы дадимъ въ общихъ чертахъ описаніе этого устройства (фиг. 52).

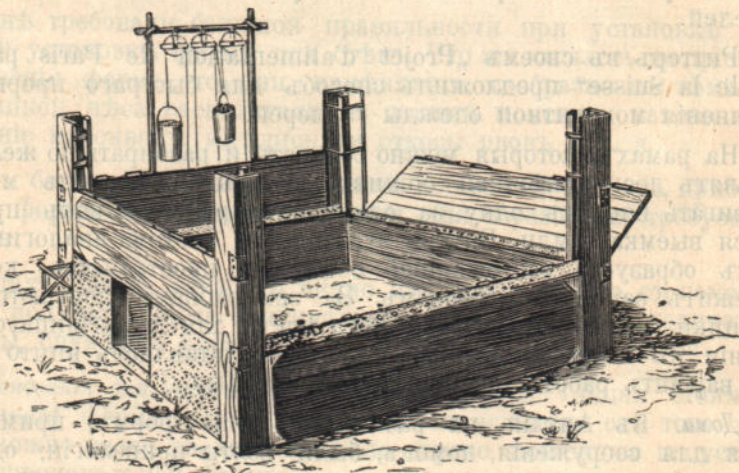
На всѣхъ углахъ постройки, какъ внутреннихъ, такъ и наружныхъ, устанавливаютъ толстые направляющіе столбы съ промежуточными между ними стойками, если длина стѣны превышаетъ длину щитовъ обшивки. Стойки—плоскія; направляющіе же столбы иногда имѣютъ форму двуграннаго угла, который, благодаря шарнирамъ, можетъ быть раскрытъ по желанію болѣе или менѣе. Въ отверстія, пробиваемыя на желаемой высотѣ, пропускаются болты, которые, пронизывая всю толщю стѣны, соединяютъ столбы между собою.

Щиты обшивки устраиваются изъ дерева; они подвѣшиваются къ стойкамъ, имѣя вращеніе вокругъ горизонтальной оси.

Когда первый, горизонтально расположенный рядъ щитовъ, кругомъ установленъ на надлежащемъ мѣстѣ, бетонъ заливаютъ во всю высоту простѣнка, но оперируя только на половинѣ массива: это дѣлается для того, чтобы не было перерыва въ работѣ, которая продолжается затѣмъ въ другой части.

По прошествіи сутокъ послѣ отливки, бетонъ настолько затвердѣваетъ, что приступаютъ къ продолженію работы.

Для этого щиты первого ряда поднимаются, описывая полъ-оборота вокругъ верхнихъ цапфъ; благодаря такому устройству, обѣ стороны каждаго щита попеременно соприкасаются съ заливаемымъ бетономъ.



Фиг. 52.

Съ цѣлью избѣжать прилипанія бетона къ дереву щитовъ, послѣдніе смазываются мыломъ.

Отверстія, двери, окна и т. д. устраиваются помощью небольшихъ лекалъ.

Рабочіе помѣщаются на подмосткахъ, поддерживаемыхъ особыми кронштейнами, выступы которыхъ входятъ съ отверстія, продѣланныя въ столбахъ формы.

Трубы дымовыя и вентиляціонныя устраиваются помощью сердечниковъ, схожихъ съ тѣми, которые мы опишемъ ниже и которые примѣняются при устройствѣ электрическихъ канализацій; вставляя сильный винтъ въ такой сердечникъ, можно, смотря по надобности, измѣнять діаметръ канала.

Описанная форма, для отливки домовыхъ стѣнъ, исключаетъ

всякую возможность смѣщенія отдѣльныхъ ея частей; кромѣ того, обращеніе съ ней весьма просто, и воздвигается она очень скоро.

Замѣтимъ также, что для успѣшной отливки сооруженія изъ бетона вовсе не необходимо прибѣгать къ пользованію специально установленными формами. Каждый можетъ придумать комбинацію, болѣе или менѣе отклоняющуюся отъ упомянутыхъ системъ, причемъ составленіе такихъ комбинацій можно облегчить, хотя бы познакомившись съ наиболѣе замѣчательными сооружениями изъ глины, которыя выполняются на югѣ Франціи столь экономично.

Мы дадимъ здѣсь еще нѣкоторыя указанія относительно формъ, заимствованныя изъ „Annales de la Construction“ за апрѣль 1891 г.; ниже помѣщенные замѣтки касаются устройства формъ, примѣненныхъ въ Симлѣ, при постройкѣ двухъ дворцовъ, о которыхъ мы уже упоминали выше.

Эти формы не заключаютъ въ себѣ ничего особеннаго; но онѣ принадлежатъ къ типу, наиболѣе практикуемому.

Стѣны отливались между двумя щитами, послѣдовательно смѣщаемыми и поднимаемыми до желаемой высоты. Эти щиты были устроены изъ досокъ, толщиной въ 0,039 м., связанныхъ другъ съ другомъ помощью драги и винтовъ, и имѣли 3,00 м. длины и 0,60 м. вышины. Неизмѣнность разстоянія между щитами по толщинѣ стѣны сохранялась помощью деревянныхъ вставокъ, а по длинѣ стѣны проходили болты, пронизывающіе толщу массива и соединяющіе угловые столбы между собою. Отверстія, оставляемые болтами, закрывались позднѣе.

„Стыки между различными щитами закрывались драбью съ наружной стороны, съ той цѣлью чтобы можно было легко поднимать эти щиты, не смотря на разбуханіе дерева и ихъ смѣщеніе подъ дѣйствіемъ утрамбовки. По угламъ форма была прочно прикрѣплена къ колонамъ, поддерживавшимъ этажи. Сводчатая часть сооруженія, какъ напр., верхнія части дверей и оконъ, выливались помощью кружалъ, конструкція которыхъ была рассчитана для самыхъ толстыхъ стѣнъ сооруженія (стѣнъ нижняго этажа); по мѣрѣ того, какъ постройка подвигалась вверхъ, стѣнки формы, которыя накладывались на эти кружала, сближались все больше и больше другъ къ другу.

„Забойныя рамы дверей и оконъ устанавливались, по мѣрѣ того, какъ подвигалась работа, и погружались въ бетонъ. Очагъ, задняя его стѣнка и колпакъ камина выливались цѣликомъ изъ бетона, иногда послѣ, а иногда и во время самого возведенія стѣнъ. Въ первомъ случаѣ, въ вылитой уже стѣнѣ пробивалось углубленіе, куда и вдѣлывались разныя части камина.

„Дымоходы устраивались путемъ набивки бетонной массы вокругъ каменнаго сердечника. При дымоходахъ небольшого діаметра

до 0,25 метр., сердечникъ дѣлали деревяннымъ, слегка коническимъ, схваченнымъ желѣзными обручами. Въ послѣднемъ случаѣ, сердечникъ, черезъ каждыя 0,60 метровъ, вынимался, что достигалось вращеніемъ его вокругъ оси. Однако, эта операція разрушала отлитыя бетонныя массы, и такъ какъ нѣкоторые дымоходы отдѣлялись другъ отъ друга стѣнками, толщиною не болѣе 0,10 метр., то, производя эту операцію, надлежало быть очень осторожнымъ. Примѣняли также, для этой цѣли, деревянный сердечникъ изъ четырехъ сегментовъ съ болванкой внутри: послѣдняя могла вытягиваться помощью винта.

„Сводчатые полы отливались изъ легкаго бетона, который утрамбовывался трамбовкой, вѣсомъ не болѣе $\frac{1}{4}$ килограмма, чтобы не смѣстить изогнутаго положенія желѣзныхъ листовъ, на которые бетонъ накладывался; эти листы опирались на балки. Въ корридорахъ, гдѣ пролеты достигали 1,80 м., приходилось такіе листы, на время утрамбовки бетона, подпирать вспомогательными подпорками“.

Эти формы не представляли собою прочнаго цѣлаго, и такъ какъ и снаружи онѣ ничѣмъ не укрѣплялись, то приходилось испытывать много затрудненій при заботѣ о правильномъ сохраненіи ихъ на надлежащихъ мѣстахъ.

Лѣстницы. Изъ бетона равнымъ образомъ можно сооруджать лѣстницы— обыкновеннаго типа (прямая), или винтовая.

Укажемъ здѣсь на систему, примѣненную въ Берлинѣ и описанную въ книгѣ М. Wanderley'я.

„Прямая лѣстница, съ двумя перилами, устраивалась слѣдующимъ образомъ: на краю каждой лѣстничной площадки клалась желѣзная балка, рельсъ или тавровое желѣзо, упиравшаяся своими концами въ двѣ противоположныя стѣны лѣстничной клѣтки. На эту балку утверждались наклонныя подкладныя доски, на которыя и выливался бетонъ. Съ боковъ, вылитая масса бетона задерживалась бортами формы. Отливка лѣстничныхъ ступеней производилась помощью лекалъ, причемъ, съ лицевой стороны, ступеней устраивались подполочки, къ которымъ затѣмъ, помощью винтовъ, прикрѣплялись ступеньки изъ дерева“.

Трубы для электрической канализаціи. Нынѣ готовятъ такія трубы изъ бетона, слѣдующимъ образомъ: деревянный цилиндръ, отъ 4,50 м. до 6,00 м. длины, распиливается на двѣ равныя части вдоль его оси, и затѣмъ на мѣсто разрѣза вкладывается металлическая полоса. Далѣе, цилиндръ съ этой полосой обвивается спирально, по всей поверхности, лентой изъ гальванизованнаго желѣза, концы которой прикрѣпляются къ самому цилиндру, чтобы лента не развивалась. Наружная поверхность ленты, передъ самой операціей, покрывается смѣсью глины,

талька и воды, и послѣ этого цилиндръ сейчасъ же помѣщается въ канаву; вообще принято помѣщать его на парѣ легкихъ козелъ. Затѣмъ его обливаютъ бетонной массой и утрамбовываютъ; такимъ же образомъ одновременно изготовляются по всей ширинѣ канавъ прочія трубы одного и того же горизонтальнаго ряда.

Чтобы разобрать форму, достаточно вытянуть изъ такого цилиндра желѣзную полосу, снабженную для этой цѣли на своей оконечности ушкомъ, послѣ чего обѣ половинки цилиндра съ прикрѣпленной къ нимъ желѣзной лентой легко выйдутъ изъ застывшей бетонной трубы. Замѣтимъ здѣсь, что помощью описаннаго приспособленія можно отливать трубы какихъ угодно типовъ.

Формы для отливки бетона подъ водой. Формы для отливки бетона подъ водой относятся вообще къ разряду грубыхъ плотничныхъ работъ, выражающихся въ забивкѣ шпунтовыхъ рядовъ свай. Въ такихъ то формахъ и отливаются фундаменты мостовъ, стѣны набережныхъ и т. д.

Наружныя поверхности отливаемыхъ стѣнъ могутъ быть наклонными; забивка свай въ этомъ послѣднемъ случаѣ не представляетъ особыхъ затрудненій, противъ случая вертикальнаго ихъ положенія, такъ какъ, для полученія наклоннаго положенія, достаточно, чтобы забойная баба скользила по плоскости, которой приданъ желаемый наклонъ.

Въ открытомъ морѣ, формы, какъ находящіяся ниже уровня воды, такъ и выходящая изъ воды, одинаково должны обладать особо солидной конструкціей.

Какъ на примѣръ такого устройства, отсылаемъ читателя на стр. 204, гдѣ показанъ ходъ работъ по сооруженію мола въ Виклау.

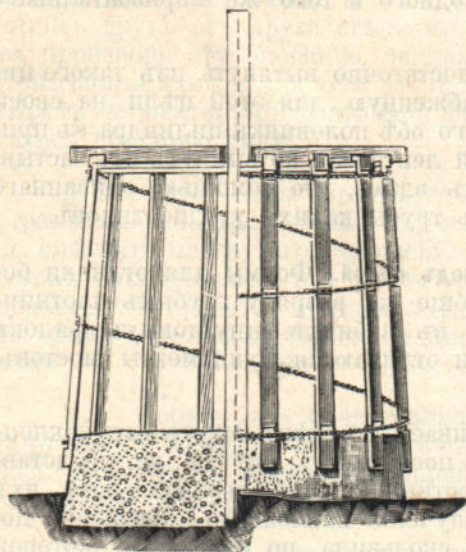
Предохранительныя щиты Кинипля, вкратцѣ описанные въ слѣдующей главѣ, служатъ одновременно для образованія формы и средствомъ защиты противъ морскихъ волнъ, при постройкѣ мостовъ, плотинъ и стѣнъ набережныхъ.

При сооруженіяхъ, менѣе подверженныхъ дѣйствію волнъ, и назначеніе которыхъ не обуславливаетъ, для выполненія ихъ, примѣненія специальныхъ приспособленій, вродѣ указанныхъ только что предохранительныхъ щитовъ, Кинипль предлагаетъ слѣдующее устройство формы: сначала выливаются на основаніи сооружения два банкета или выступа, въ которые, на равномъ разстояніи другъ отъ друга и подъ желаемымъ наклономъ, всаживаются, въ два ряда, желѣзныя сваи, скрѣпленные между собой при помощи перекладинъ. Въ поперечномъ направленіи, ряды этихъ свай удерживаются канатами, идущими съ одного ряда въ другой.

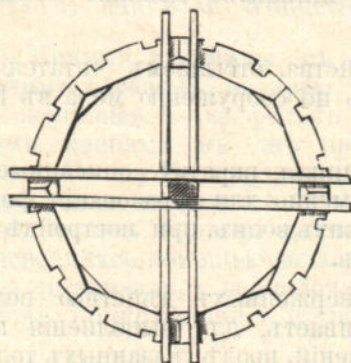
Съ внутренней стороны, каждый рядъ свай имѣетъ деревян-

ную одежду изъ толстыхъ досокъ, покрытыхъ въ свою очередь просмоленной парусиной, для уменьшенія возможнаго вымыванія бетона.

Видъ сбоку.



Планъ.



Фиг. 53.

Въ продольномъ направленіи, форма замыкается двумя стѣнками, образованными изъ погруженныхъ въ воду небольшихъ бетонныхъ глыбъ. Никакой неоднородности отъ этого въ получаемомъ массивѣ не замѣчается, такъ какъ выливаемый бетонъ совершенно спаивается съ этими стѣнками, заполняя собою все швы между бетонными глыбами.

Маячные башни. Приведемъ здѣсь описаніе нѣкоторыхъ приспособленій, придающихъ формѣ значительную прочность и примѣняемыхъ въ нѣкоторыхъ приморскихъ мѣстностяхъ при сооруженіи маячныхъ башенъ (фиг. 53).

По оси такого сооруженія устанавливается деревянная мачта, цѣльная или составленная изъ нѣсколькихъ кусковъ, высота которой должна быть ни въ какомъ случаѣ не меньше предполагаемой высоты сооруженія; неизмѣнность положенія этой мачты обеспечивается помощью подкосовъ, цѣпей или канатовъ прикрѣпляемыхъ къ вбитымъ въ почву кольямъ. На почвѣ, выскобленной или промытой воднымъ растворомъ соляной кислоты, если грунтъ каменистый, выливается и выравнивается, сообразно профилю сооруженія, первый слой бетона толщиной отъ 0,30м. до 0,40м.

При дальнѣйшемъ ходѣ работы, сооруженіе воздвигается слѣдующими другъ за другомъ слоями такой толщины. Для каждого пояса отливаемого, бетона вырѣзывается, соответствующей величины круглый деревянный обручъ, на наружной части котораго сдѣланы выемки; въ послѣднія вставляются вертикальныя толстыя планки, которыя имѣютъ на своихъ верхнихъ концахъ выступы, входя-

шіе въ выемки верхняго обруча; кромѣ того на каждой такой планкѣ, по ея лицевой сторонѣ, насѣчены три перпендикулярныя къ длинѣ ея бороздки. Всѣ эти деревянныя части, будучи составлены, образуютъ форму въ родѣ сквозного барабана, опирающагося своимъ нижнимъ основаніемъ на возведенную уже часть сооруженія, а верхнимъ основаніемъ связаннаго съ проходящей, черезъ центръ этого основанія, мачтой. Неизмѣнность положенія планокъ обеспечивается помощью цѣпи, три раза обернутой вокругъ формы и лежащей въ упомянутыя бороздки. Съ внутренней стороны, планки обшиваются листовымъ желѣзомъ.

Когда окончена заливка слоя, соотвѣтствующаго высотѣ устроенной формы, послѣдняя разбирается и всѣ ея части служатъ для устройства формы слѣдующаго слоя и т. д.; только деревянные обручи перемѣняются, такъ какъ діаметры ихъ не остаются для всѣхъ слоевъ постоянными.

ГЛАВА IX.

Бетоны въ морской водѣ;—литье бетона подъ водой.

§ 1.

Бетоны въ морской водѣ.

Цѣли примѣненія. Бетоны пользуются, при гидротехническихъ работахъ, самымъ широкимъ примѣненіемъ.

Морскія сооруженія требуютъ чрезвычайной быстроты выполненія, обусловленной необходимостью, благодаря приливамъ, возводить значительные объемы массивовъ въ теченіе весьма ограниченного промежутка времени. Способы механической фабрикаціи бетона удовлетворяютъ успѣшному разрѣшенію требованій, предъявляемыхъ всѣми случаями подобныхъ работъ.

Далѣе, при морскихъ сооруженіяхъ вообще, приходится часто прибѣгать къ водоотливу въ очень широкихъ размѣрахъ; примѣненіе же бетона къ этимъ сооруженіямъ въ значительной степени уменьшаетъ работы по водоотливу, или вовсе дѣлаетъ ихъ излишними. Даже болѣе того, въ обыденныхъ случаяхъ практики, бетонъ заливается прямо въ воду, что устраняетъ необходимость какого-бы то ни было водоотлива; кромѣ того, примѣненіе бетона позволяетъ сооружать массивы, которые безъ него никакими средствами нельзя возвести, напримѣръ, молы и дамбы въ глубокой водѣ, лежащія прямо на дно моря, безъ посредства каменной наброски.

Наконецъ, на побережьяхъ, лишенныхъ залежей требуемыхъ матеріаловъ, искусственные камни изъ бетона могутъ замѣнить собою естественные камни, для полученія каменной наброски, огражденій, или фундаментовъ.

Изъ сказаннаго ясно, что бетону предстоитъ играть въ будущемъ еще болѣшую роль при гидротехническихъ работахъ, такъ какъ прежнія условія его фабрикаціи, перевозки и погруженія въ воду и стоимость этихъ операций, указываемыя авторами начала нынѣшняго столѣтія, подверглись съ тѣхъ поръ и продолжаютъ подвергаться значительнымъ измѣненіямъ къ лучшему, благодаря постояннымъ новѣйшимъ техническимъ усовершенствованіямъ.

Однако, при примѣненіи бетона, какъ и при прочихъ каменныхъ работахъ, въ морской водѣ является одна отрицательная сторона его, именно: *опасность разрушенія*. Вода, вообще, щадить его каменную составляющую, но разрушаетъ растворъ, а такъ какъ монолитъ содержитъ въ себѣ значительную пропорцію раствора, то, чтобы хорошо сопротивляться вредному вліянію воды, онъ долженъ обладать особыми качествами; какія это качества, станетъ ясно изъ нижеслѣдующаго разсмотрѣнія явленій, наблюдаемыхъ при разрушеніи монолита въ водѣ.

Причины разрушенія растворовъ. Растворы разрушаются вслѣдствіе химическихъ реакцій, обусловливаемыхъ присутствіемъ нѣкоторыхъ солей въ морской водѣ.

Однако, эти реакціи, ставшія съ давнихъ поръ предметомъ изслѣдованія, до сихъ поръ вполнѣ еще не изучены.

Мы знаемъ содержаніе элементовъ, входящихъ въ составъ—цементовъ, извести, морской воды, но не знаемъ, въ какихъ относительныхъ количествахъ эти элементы соединяются другъ съ другомъ; поэтому, не можемъ съ увѣренностью знать конечный результатъ такого ихъ взаимодействія. Однако, преобладаніе извѣстныхъ элементовъ, а равно и результаты различныхъ опытовъ позволяютъ заключить, что разрушеніе раствора вызывается образованіемъ избытка магнезій, а также образованіемъ нѣкоторыхъ растворимыхъ соединений, вымываніе которыхъ изъ раствора влечетъ за собой дезагрегацію послѣдняго. Замѣчено также, что подобныя явленія сопровождаются образованіемъ сѣрнистой извести, одна часть которой, кристаллизуясь, развиваетъ значительныя молекулярныя силы, способствующія разрушенію массива, другая же часть, уносимая окружающей массивъ водой, служитъ причиной образованія въ послѣднемъ пустотъ, открывающихъ водѣ доступъ во внутреннюю часть массива.

Изъ сказаннаго вытекаетъ естественное заключеніе, что прочность массива будетъ обезпечена, если во внутрь его будетъ загражденъ доступъ морской водѣ, откуда въ свою очередь слѣдуетъ, что примѣняемые для морскихъ работъ бетоны должны быть непроницаемы, плотны; непроницаемость ихъ должна быть тѣмъ совершеннѣе, чѣмъ болѣе предвидится причинъ, обусловливающихъ разрушеніе такихъ массивовъ.

Главнѣйшія причины, вызывающія разрушенія.—Приливы и отливы. Пояса массивовъ, лежащіе между крайними линіями прилива и отлива, являются наиболѣе подверженными разрушенію, такъ какъ постоянная перемѣна уровня воды порождаетъ въ этихъ поясахъ попеременное вхожденіе и выходженіе водныхъ частицъ, уносящихъ изъ массива растворимыя соли и приносящихъ новыя агенты для непрерывной разрушающей работы химическаго разложенія.

Однако, не во всѣхъ мѣстахъ такихъ поясовъ эффекты разрушенія одинаково значительны, Часть массива, находящаяся ниже самого низкаго уровня воды, хотя и подвергается разрушенію, однако здѣсь нѣтъ мѣста для только что упомянутаго вхожденія и выходженія водныхъ частицъ; въ этомъ случаѣ и сопротивленіе монолита будетъ другое, чѣмъ у части массива, подверженной дѣйствію прилива и отлива; отсюда бетонный массивъ менѣе разрушается въ моряхъ, не имѣющихъ приливовъ и отливовъ.

Бури. Водяные валы и волны производятъ паденіе горизонта воды, вызывающее эффекты разрушенія, аналогичные съ дѣйствіемъ приливовъ и отливовъ. Очевидно, что бетонъ, находящійся въ защищенной и болѣе спокойной водной средѣ, окажется въ болѣе благопріятныхъ условіяхъ, чѣмъ въ средѣ, подверженной волненіямъ.

Течения. Вдоль нѣкоторыхъ береговъ, проходятъ иногда береговые течения, оказывающія также вредное дѣйствіе на массивы, однако не столь сильное, какъ то производятъ бури или приливы и отливы.

Содержаніе солей въ водѣ. Соленосность, или, лучше сказать, вообще химическій составъ воды не вездѣ одинаковъ; измѣняясь съ географическимъ положеніемъ береговъ, онъ также въ большей или меньшей степени обуславливаетъ разрушеніе массивовъ.

Главнѣйшія причины, задерживающія разрушеніе. Считается, что отсутствіе углекислоты въ морской водѣ способствуетъ разрушенію раствора тѣмъ, что препятствуетъ образованію поверхностнаго слоя (корки) изъ углекислой извести, защищающаго массивъ отъ дальнѣйшаго прониканія внутрь его воды.

У нѣкоторыхъ береговъ, въ водѣ встрѣчается углекислота въ болѣе или менѣе значительномъ количествѣ, что обуславливается разными случайными причинами. Особенно ея присутствіе замѣчается по близости вулкановъ; образованію углекислоты благопріятствуетъ также морская растительность. Въ такой водѣ, массивы менѣе подвержены разрушенію.

Наконецъ, въ нѣкоторыхъ портахъ, бетонные массивы покрываются известковыми раковинками моллюсковъ и коралловъ, которыя съ теченіемъ времени образуютъ на поверхности этихъ массивовъ прочный защищающій слой.

Составъ бетоновъ. Въ виду большей или меньшей возможности, смотря по обстоятельствамъ, разрушенія бетона въ морской водѣ, теорія бетона поставила себѣ задачей изысканіе матеріаловъ соотвѣтствующаго состава, наиболѣе способныхъ сопротивляться разрушенію въ этой водѣ. Однимъ изъ характерныхъ условій, налагаемыхъ на составъ бетоновъ въ морской водѣ, является, во пер-

выхъ ограниченнѣйшій выборъ матеріаловъ, идущихъ для образованія этихъ бетоновъ; во вторыхъ, что всѣ такіе бетоны должны обладать непроницаемостью и содержаніе цемента, въ нихъ заключающагося, должно быть тѣмъ значительнѣе, чѣмъ энергичнѣе процессы, угрожающіе прочности массива.

Вспомнимъ главнѣйшія условія, которымъ должны удовлетворять входящіе въ составъ такихъ бетоновъ матеріалы.

Цементъ. Недостаточно, чтобы цементы удовлетворяли общимъ техническимъ условіямъ пріемки: они должны, кромѣ того, заявить себя на практикѣ. Особенно, нежелательнымъ должно считаться присутствіе въ цементахъ составныхъ частей, способныхъ дать начало явленіямъ пученія: въ условіяхъ о поставкѣ необходимо точно оговорить возрастъ цемента. Въ этомъ отношеніи, необходимо замѣтить, что при гидротехническихъ работахъ не слѣдуетъ опасаться цементовъ, долго выдержанныхъ, очень старыхъ; въ практикѣ такихъ работъ извѣстны примѣры, что цементы, забракованные какъ вывѣтрившіеся, и потому найденные непригодными для сухопутныхъ сооружений, дали растворы, оказавшіе въ морской водѣ сопротивленія, значительно высшія, чѣмъ другіе цементы, удовлетворявшіе всѣмъ лабораторнымъ требованіямъ.

Песокъ. Химически разложимые пески должны быть устранены.

Мелкій песокъ, какъ мы уже видѣли, не долженъ примѣняться, такъ какъ онъ дѣлаетъ растворъ пористымъ. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, когда, для образованія раствора, по необходимости приходилось все-таки пользоваться мелкимъ пескомъ, усиливали дозу цемента и примѣняли энергичное и продолжительное замѣшиваніе, дабы всѣ мелкія частицы такого песка хорошо облѣпились цементомъ.

Нѣкоторые пески не разлагаются химически, но зато подвержены разрушительному дѣйствію физическихъ процессовъ: таковы смѣси, содержащія въ себѣ вещества сланцеватыя. Сланецъ, коробясь и вздуваясь, раскрываетъ растворъ и даетъ доступъ водѣ внутрь массива.

Въ мѣстахъ, съ жаркимъ и очень сухимъ климатомъ, англійскіе инженеры рекомендуютъ пользоваться морскимъ пескомъ и затвореніемъ раствора морскою водою, такъ какъ приготовленный такимъ способомъ бетонъ удерживаетъ, благодаря гигроскопическимъ солямъ, въ своихъ порахъ нѣкоторую долю влажности; благодаря этому, онъ успѣшнѣе сопротивляется быстрому исчезновенію гидратационной воды.

Вода. Для приготовленія раствора, морская вода такъ же пригодна, какъ и прѣсная.

Балластъ. Балластъ долженъ противустоять разрушительному дѣйствію морской воды; въ дѣлѣ выбора матеріала для него, слѣдуетъ руководствоваться практикой уже произведенныхъ работъ.

Пропорціи составныхъ частей. Бетоны должны обладать непроницаемостью для воды; поэтому, пропорціи составныхъ частей такихъ бетоновъ ни въ коемъ случаѣ не должны быть ниже 2:3; при этомъ должны быть соблюдаемы условія, обеспечивающія непроницаемость, какъ то указано въ главахъ IV и VI.

Въ морскихъ сооруженіяхъ, стараются сдѣлать непроницаемымъ главнымъ образомъ наружный слой массива, на глубину отъ 0,10м. до 1м., смотря по обстоятельствамъ; эта непроницаемость достигается увеличеніемъ содержанія цемента въ этомъ слое.

Устройство бетоннаго завода. Фабрикація бетона, при морскихъ сооруженіяхъ, ничѣмъ не отличается отъ обычныхъ случаевъ его производства: измѣняется лишь способъ употребленія его въ дѣло.

Въ такихъ случаяхъ, всегда слѣдуетъ пользоваться механическими способами производства, позволяющими готовить сразу большія массы бетона. Для морскихъ сооружений, подверженныхъ приливамъ и отливамъ, это является однимъ изъ важнѣйшихъ факторовъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ часто приходится вести работу лишь очень ограниченными сроками, напримѣръ, иногда не болѣе двухъ часовъ подрядъ; а такъ какъ въ такихъ случаяхъ особенно важно, чтобы работа двигалась безъ промедленія и задержекъ, то надлежитъ обеспечить наилучшимъ образомъ интенсивность выработки бетоннаго завода.

Для наилучшаго указанія относительно должной постановки дѣла при гидротехническихъ сооруженіяхъ, сошлемся на слѣдующее мнѣніе инженера Лароша. Въ этомъ мнѣніи читатель увидитъ подтвержденіе тѣхъ общихъ принциповъ, которые нами были изложены въ VII главѣ.

«При гидротехническихъ работахъ, часто приходится въ ограниченные промежутки времени употреблять въ дѣло значительныя массы бетона; поэтому, устройство бетонной мастерской должно быть рассчитано весьма тщательно и приспособлено къ мѣстнымъ условіямъ.

«Часто случается, что ограниченность мѣста, которымъ располагають, дѣлаетъ весьма затруднительнымъ примѣненіе нѣкоторыхъ устройствъ, въ общемъ случаѣ весьма пригодныхъ.

«Чтобы уяснить себѣ тѣ принципы, которыми необходимо руководствоваться, укажемъ, напримѣръ, что доставку матеріаловъ (извести, цемента, песку, камня) слѣдуетъ себѣ широко обезпечить заранее; для чего каждый родъ матеріаловъ долженъ имѣть свой складъ или особый магазинъ; отъ cadaго такого склада отдѣльныя вѣтви путей должны подвозить матеріалы на мѣсто фабрикаціи бетона.

«Другіе пути должны служить для перевозки готовыхъ массъ бетона изъ мастерской на мѣста примѣненія его въ дѣло.

«Во избѣжаніе остановокъ работъ, вслѣдствіе прогула времени значительнымъ числомъ рабочихъ, и для ускоренія хода работъ, полезно производить механически всѣ операциі, гдѣ только работа рукъ не безусловно необходима; соблюденіе этого условія часто сопровождается значительной экономіей.

«Такъ, слѣдуетъ не только готовить растворъ помощью аппаратовъ-смѣшивателей, приводимыхъ въ дѣйствіе паровыми двигателями, какъ то вообще практикуется, но также, въ случаѣ надобности, устанавливать паровые краны для выгрузки матеріаловъ, устраивать канатную механическую тягу вагончиковъ по наклоннымъ плоскостямъ, обезпечивать помощью насосовъ запасъ воды, нагнетая ее въ надлежащимъ образомъ расположенные резервуары, устанавливать дробилки, если это позволяетъ мѣсто и т. д.

«Словомъ, слѣдуетъ дать возможно большее примѣненіе двигательной силѣ пара. Весьма часто бываетъ, что при расчетѣ ошибаются въ величинѣ этой силы. Съ другой стороны, бываетъ невозможно предвидѣть всѣ могущія встрѣтиться случайности, какъ то: превысившая ожиданіе твердость раздробляемыхъ породъ, поломка машинъ, очень быстрое изнашиваніе ихъ подъ открытымъ небомъ, на берегу моря, отъ носящейся въ воздухѣ песчаной пыли и т. д. Поэтому всѣ подобнаго рода обстоятельства должны быть самымъ тщательнымъ образомъ приняты во вниманіе при предварительномъ расчетѣ паровой и всякихъ другихъ машинъ, необходимыхъ для морскихъ работъ».

Прибавимъ здѣсь отъ себя, что всѣ навѣсы, сараи и прочія постройки должны представлять солидную конструкцію, дабы они хорошо сопротивлялись дѣйствію урагановъ, которые на многихъ побережьяхъ разражаются съ разрушительной силой.

Примѣненіе въ дѣло. При морскихъ сооруженіяхъ, бетонъ примѣняется троякимъ образомъ:

- 1) Литье выше уровня воды:
- 2) Литье въ чертѣ приливовъ и отливовъ:
- 3) Литье подъ водой:

Литье выше уровня воды. Примѣненіе въ дѣло въ этомъ случаѣ ведется такъ же, какъ и на сушѣ.

Изготовленіе искусственныхъ камней и возведеніе сооруженій подъ прикрытіемъ плотинъ или перемычекъ, какъ, напримѣръ, фундаментовъ для шлюзовъ, эллинговъ, набережныхъ и т. д. выполняютъ при соблюденіи обычныхъ правилъ примѣненія бетона въ дѣло; слѣдуетъ лишь по возможности ускорить самый ходъ ра-

боть, въ видахъ уменьшенія числа стыковъ при сопряженіи частей массива и сокращенія длительности необходимыхъ водоотливныхъ работъ; особенную тщательность слѣдуетъ внести въ устройство облицовокъ.

Часто, въ осушенныхъ отъ воды перемычкахъ приходится бороться съ ключами у основанія сооруженія, прокладываящими себѣ дорогу сквозь слои свѣжезалитого бетона; въ такихъ случаяхъ, полезно въ мѣстахъ, появленія ключей, покрывать почву основаній просмоленной парусиной; или устраиваютъ въ этомъ случаѣ каптажъ, давая водѣ свободно подыматься по вертикальнымъ трубкамъ до уровня гидростатическаго равновѣсія; при достиженіи такого равновѣсія, въ трубки заливается полужидкій растворъ цемента, заглушающій ключи. Наконецъ, можно избавиться отъ всѣхъ болѣе или менѣе значительныхъ просачиваній, помѣщая въ расширенное предварительно устья такихъ источниковъ бездонныя бутылки, набиваемыя внутри и съ боковъ цементомъ. Эти приемы приложимы, очевидно, во всѣхъ случаяхъ работъ.

Литье въ чертъ примывовъ и отливовъ. Нѣкоторыя сооруженія, для которыхъ водоотливныя работы не примѣнимы или стоятъ очень дорого, выполняются бетонированіемъ съ перерывами. Періоды работы отвѣчаютъ тогда времени, въ теченіе котораго море отступаетъ и обнажаетъ мѣсто постройки; продолжительность этихъ періодовъ, зависящая отъ продолжительности отлива, измѣняется также сообразно съ высотой возведеннаго уже массива.

Понятно, что въ подобныхъ условіяхъ весьма важно располагать средствами, дающими возможность изготовлять заразъ большія массы бетона.

Если массивъ примыкаетъ къ сушѣ, то подвозные пути могутъ, при высокой водѣ, быть затопляемыми, при условіи, чтобы они были прочно проложены. Какъ только вода отливаетъ, бетонъ подвозится по этимъ путямъ на мѣсто сооруженія. Подвижной составъ такого пути (шириною 1м.) состоитъ, обыкновенно, изъ вагоновъ большой вмѣстимости, чтобы имѣть возможность перевозить за разъ большія массы бетона.

Иногда возводимый массивъ находится далеко отъ берега и не соединенъ съ нимъ; тогда слѣдуетъ выбрать наиболѣе отвѣчающую требованіямъ мѣстныхъ условій систему плавучихъ приспособленій (судовъ), которыя могли бы вмѣстить всѣ устройства, необходимыя для хода операций; при началѣ cadaго періода работъ, эти суда устанавливаются на мѣсто. Подобнаго рода приспособленія полезны не только при бетонныхъ работахъ, но и при прочихъ каменныхъ сооруженіяхъ описываемаго типа.

При наступленіи прилива, свѣжеотлитый бетонъ защищаютъ, покрывая его слоемъ быстро схватывающагося цемента; послѣдній предохраняетъ неуспѣвшій еще затвердѣть монолитъ отъ дѣйствія

воды и волнъ. При началѣ слѣдующаго періода работъ, указанный слой цемента снимается, поверхность монолита обнажается и бетонныя работы продолжаются обычнымъ порядкомъ.

Литье подъ водой. Бетонъ наливается подъ водой въ форму (ограждение), или прямо на дно, предварительно расчищенное драгировкой.

Приемы литья, явленія размыванія бетона и появленія известковой мути описаны въ слѣдующемъ параграфѣ.

Устройство и приспособленія мастерскихъ для литья должны быть приурочены къ роду сооруженія и мѣстнымъ условіямъ.

Извлекаемъ, по этому поводу, изъ атласа „Les travaux maritimes“, Лароша, фиг. 56 — 61, воспроизводящія ходъ работъ, по сооруженію мола въ Виклау.

Эти весьма интересныя схемы не нуждаются въ какомъ бы то ни было поясненіи; на нихъ съ большой ясностью представлены всѣ фазы бетонированія подъ водой: устройство подмостей, приемы литья, образованіе послѣдовательныхъ слоевъ массива и расположенія временныхъ формъ.

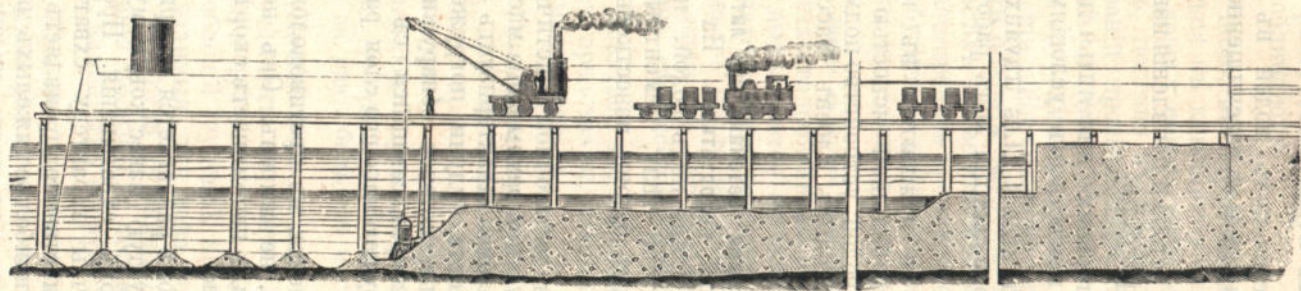
Недостатки, обнаруживаемые цементными бетонами при литьѣ ихъ подъ водой.—Средство для устраненія этихъ недостатковъ. На континентѣ, въ случаѣ отливки массивовъ прямо подъ водой, пользуются съ большою осторожностью, для этой цѣли, цементными бетонами, предпочитая этимъ послѣднимъ бетоны известковые или пуццолановые.

Это обстоятельство объясняется недостаточной пластичностью цементныхъ растворовъ, благоприятствующей размыванію массы бетона. Инженеръ Лебланъ такимъ образомъ характеризуетъ это явленіе: „Бетонъ изъ портландскаго цемента, будучи погруженъ въ воду, испытываетъ сильное размываніе, которое обнаруживается въ томъ, что каждый камешекъ его, соприкасающійся съ водой, обмывается ею настолько, что отъ окружающаго его слоя раствора часто не остается и слѣда.

„Растворъ изъ портландскаго цемента, въ противоположность настоящимъ известковымъ растворамъ, не жиренъ. Онъ не пристаётъ къ лопаточкѣ и въ густомъ видѣ напоминаетъ скорѣе смоченный порошокъ изъ толченаго стекла.

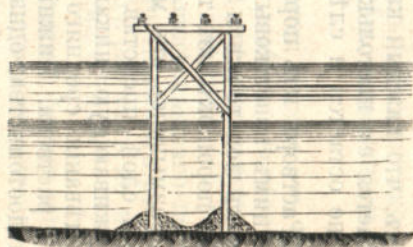
„Размываясь отъ морской воды, онъ разлагается на три слоя. Верхній слой представляетъ собой густую известковую мусть, не обнаруживающую никакихъ признаковъ схватыванія. Процессы затвердѣванія средняго слоя аналогичны характеру схватыванія тощаго раствора. Нижній же слой единственно проявляетъ нѣкоторыя достоинства; однако, состоя изъ наиболѣе тяжелыхъ частицъ и слѣдовательно наиболѣе обожженныхъ, онъ даетъ чрезвычайно

Продольный разръзъ.

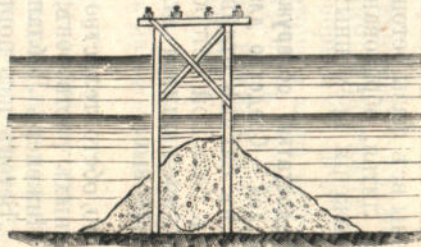


Фиг. 54.

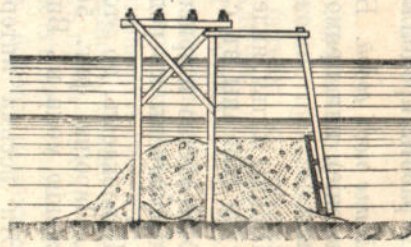
Поперечные разръзы, указывающие постепенный ходъ работъ.



Фиг. 55

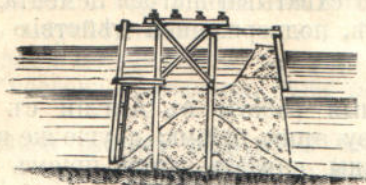


Фиг. 56.

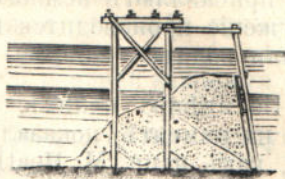


Фиг. 57.

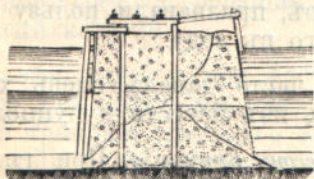
Поперечные разрывы.



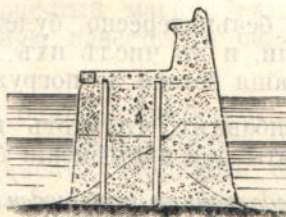
Фиг. 58



Фиг. 59.



Фиг. 60.



Фиг. 61.

медленное схватывание. Кромѣ того онъ дѣлается тощимъ отъ присутствія въ большой пропорціи гравія, входящаго въ составъ раствора и падающаго вмѣстѣ съ нимъ на дно пустотъ, образующихся между камнями“.

Пластичный бетонъ. Въ Англіи, широко пользующейся бетономъ изъ портландскаго цемента для работъ въ морѣ, изыскали средства, устраняющія вышеописанные его недостатки. Кинипль предложилъ слѣдующій методъ: бетонъ употребляется въ дѣло, лишь спустя нѣсколько часовъ послѣ его фабрикаціи, когда уже появились признаки начала его схватыванія. Кинипль далъ такому бетону названіе *пластичнаго бетона*. Кромѣ того, этотъ практикъ рекомендуетъ особую тщательность при изготовленіи такого бетона и замѣшиваніе его съ *minimum*’омъ воды. Для продолжительности выдерживанія его передъ употребленіемъ въ дѣло, срокъ не опредѣленъ точно; этотъ срокъ тѣмъ короче, чѣмъ богаче бетонъ цементомъ, и чѣмъ скорѣе начинается схватываніе этого цемента. Въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ слѣдуетъ руководствоваться практикой; по общему же положенію, недостаточное выдерживаніе влечетъ за собой размываніе, какъ при бетонѣ вовсе не выдержанномъ; передерживаніе же грозитъ нарушить надлежащую спайку частей массива.

Кинипль выдерживалъ бетонъ, изъ 2.600 килогр. цемента съ 7 объемами песку и камня, въ теченіе 3 часовъ; бетонъ, изъ 1.300 килогр. цемента съ 6 объемами песку и камней, употреблялся, лишь спустя 5 часовъ по изготовленіи его.

Въ моментъ употребленія въ дѣло пластичнаго бетона, къ нему прибавляютъ немного быстро схватывающагося цемента, если погруженіе производится въ средѣ, подверженной дѣйствию теченія или волнъ.

По мнѣнію однихъ, различныя работы въ Англіи съ бетономъ на цементѣ показали пользу этого пріема; другіе же инженеры, какъ напр. М. Heath, склонны считать этотъ пріемъ ошибочнымъ, указывая, что таковой давалъ бы лишь тогда безошибочные и благопріятные результаты, еслибы намъ была хорошо извѣстна продолжительность предварительнаго выдерживанія (схватыванія).

Не безынтересно будетъ указать здѣсь, что уже прежніе строители, и въ числѣ ихъ Белидоръ, признавали пользу начала схватыванія бетона до погруженія его въ воду.

Прибавимъ, что этотъ пріемъ часто давалъ очень хорошіе результаты при примѣненіи бетоновъ изъ извести и пуццоланы.

Предохранительный подвижной кессонъ Кинипля. При гидротехническихъ работахъ принято оставлять въ формахъ для литья отверстія, съ цѣлью облегчить выходъ изъ этихъ послѣднихъ известковой мути.

Кинипль дѣйствуетъ какъ разъ обратно. Такъ какъ онъ избѣгаетъ полученія известковой мути, то поэтому обращаетъ все вниманіе на возможно полную защиту монолита отъ воды, покрывая внутреннюю сторону формы толстой просмоленной парусиной. Кромѣ того, съ цѣлью ускоренія работы и предохраненія бетона, пока послѣдній достаточно не окрѣпнетъ, онъ предлагаетъ защищать массивъ особой подвижной перемычкой. Изложимъ здѣсь вкратцѣ его систему. Металлическій кессонъ, съ сѣченіемъ въ формѣ опрокинутого *U*, покрываетъ собою часть мѣста постройки; наружная часть его покрывается листовымъ желѣзомъ; вообще онъ имѣетъ по виду много общаго съ кессонами для сжатого воздуха. Рабочіе манипулируютъ внутри его свода, подъ который по трубамъ спускается бетонъ. Этотъ аппаратъ снабженъ разными приспособленіями, какъ то: балластомъ, катками, винтовымъ водоподъемомъ и т. п., позволяющими свободное его передвиженіе. Величина кессона достаточна, чтобы дать время отливемой массѣ получить крѣпость, необходимую для сопротивленія дѣйствию воды. Когда на одномъ участкѣ сооруженія бетонная работа кончена, кессонъ передвигается на слѣдующій участокъ. Боковыя стѣнки этой подвижной перемычки образуютъ сами по себѣ форму. Съ цѣлью помѣшать прилипанію бетона къ желѣзнымъ стѣнкамъ кессона и въ то же время лучше защитить свѣжеотлитыя поверхности, внутреннія стѣнки покрываются парусиной, затянутой на высотѣ между основаніемъ и первыми слоями бетона, отливаемого въ кессонѣ.

Подвижной кессонъ стоитъ очень дорого, но зато примѣненіе

его даетъ возможность вести работы непрерывно, разъ навсегда заведеннымъ порядкомъ, не взирая на состояніе погоды на морѣ; этимъ обуславливается столь значительная экономія времени и расходовъ по производству работъ, что затраты по приобрѣтенію этого кессона окупаются, даже для работъ средней важности.

Мѣры противъ разрушенія бетоновъ. Предлагаются слѣдующія мѣры, практикуемыя обыкновенно въ Англіи.

Массивъ обмывается растворомъ углекислаго аммонія, который обращаетъ известъ бетона въ углекислую известъ, образующую съ поверхности массива предохраняющій слой.

Рекомендуется также кремнефтористый магній; онъ закрываетъ поры бетона, обращая свободную известъ въ силикатъ и фтористый кальцій.

Далѣе, полезно, при фабрикаціи бетона, прибавлять въ воду, идущую для затворенія, одну вѣсовую часть хлористаго барія на каждыя тридцать вѣсовыхъ частей цемента; хлористый барій, въ присутствіи солей, заключающихся въ морской водѣ, обращается въ сѣрникоислый барій, нерастворимый въ водѣ; магнезія остается въ растворѣ въ видѣ хлористаго соединенія.

Однако тонкій слой нерастворимаго стекла составляетъ лучшее предохранительное средство: такое стекло реагируетъ на известъ, съ которой даетъ нерастворимые въ водѣ силикаты.

§ 2.

Литье бетона подъ водой.

Размываніе.—Известковая муть (молоко). Слѣдуетъ стремиться къ изготовленію такихъ бетоновъ для литья подъ водой, которые сохраняли бы ненарушимымъ свой первоначальный составъ и свою однородность.

Этой цѣли достигъ весьма не легко, такъ какъ движенія воды и различіе между собой плотностей составныхъ частей бетона всегда обуславливаютъ возникновеніе болѣе или менѣе интенсивнаго размыванія. Изъ составныхъ же частей бетона, очевидно, самыя тяжелыя стремятся занять наиболѣе низкое положеніе. Это обстоятельство и нарушаетъ однородность монолита, способствуя тому, что камни, становясь покрытыми лишь самой незначительной толщей раствора, подвергаются усиленному размыванію.

Идеаломъ всякаго бетона, предназначеннаго для литья въ водѣ, была бы смѣсь изъ камней одинаковаго удѣльнаго вѣса и раствора обладающаго очень большой вязкостью, препят-

ствующей элементам балласта отдѣляться отъ общей массы бетона. Съ этой точки зрѣнія бетоны изъ извести и кирпичнаго щебня должны считаться наиболѣе пригодными.

Вредныя послѣдствія размыванія не ограничиваются однимъ только отошаніемъ бетона, но они проявляются сверхъ того и въ образованіи известковой мути, препятствующей надлежащей спайкѣ слоевъ и дѣлающей монолитъ пористымъ и проницаемымъ для воды.

Эти недостатки образуются также отъ присутствія ила, покрывающаго иногда основаніе сооруженія, а также отъ пыли, которая попадаетъ въ монолитъ вмѣстѣ съ матеріалами недостаточно отъ нея очищенными. Поэтому, слѣдуетъ особенно тщательно промывать камни, а основаніе сооруженія (дно) очищать отъ ила драгировкой до погруженія бетона въ воду.

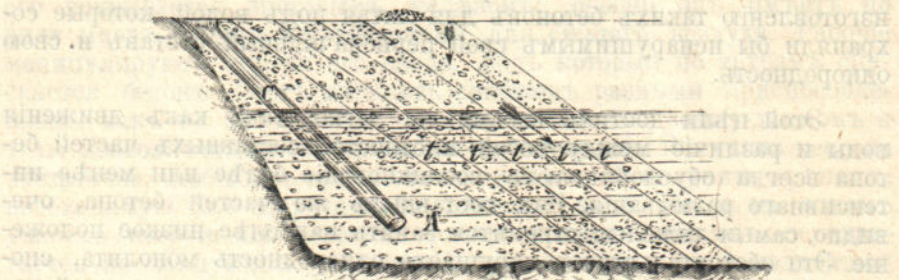
Классификація приемовъ литья. Приемы литья могутъ быть раздѣлены на двѣ большія категоріи, сообразно глубинѣ воды, въ которой производится отливка бетона

Въ мелкой водѣ практикуется *литье по откосу*.

При значительныхъ глубинахъ пользуются специальными приспособленіями, представляющими два отдѣльныхъ типа: *воронки* и *ящики*.

Литье по откосу. Этотъ способъ примѣняется, когда подводная часть сооруженія занимаетъ не больше 2м. Онъ состоитъ въ введеніи массива по методу, аналогичному съ приемами сооруженія обыкновенной насыпи.

При помощи желоба или еще лучше трубы С, предохраняющей бетонъ отъ размыванія, выливаютъ первую часть массива А,



Фиг. 62.

верхъ котораго выходитъ изъ воды (фиг. 62). На этой части выливается новый бетонъ, но не у края ея, а нѣсколько отступя назадъ отъ гребня откоса. Затѣмъ производится легкая утрамбовка или

уплотненіе свѣже отлитой массы, чтобы обезпечить связность ея съ прежде отлитой частью массива. Такимъ образомъ откосъ t постепенно подвигается впередъ, сохраняя связность со всѣми прежде отлитыми частями. При такомъ способѣ, размыванію подвергается лишь незначительная часть всего объема, выливаемаго за каждый пріемъ работы.

Для обезпеченія хорошихъ результатовъ этой работы, необходимо, чтобы бетонъ обладалъ двумя качествами:

1) При выливаніи онъ долженъ ложиться съ легкимъ уклономъ, чтобы воспрепятствовать стремленію камней отдѣляться отъ общей массы.

Бетоны на извести хорошо удовлетворяютъ этому условію; портландскіе же бетоны сохраняютъ значительный уклонъ.

2) Свѣже отлитая масса должна хорошо сцепляться съ бетономъ, выливаемымъ позади ея, по откосу. Известковые бетоны, съ болѣе жирнымъ тѣстомъ, чѣмъ портландскіе, удовлетворяютъ этому условію лучше, чѣмъ эти послѣдніе бетоны, при которыхъ приходится прибѣгать къ постепенному наращиванію слоевъ, какъ при обыкновенной насыпи, что, конечно, влечетъ за собой болѣе интенсивное размываніе заливаемаго бетона.

Напомнимъ здѣсь, что круглые валуны, благодаря своей формѣ, хорошо проникаютъ въ глубь массы.

При литіи по откосу, известковая муť гонится впередъ самимъ заливаемымъ бетономъ. Рабочіе, вооруженные широкимъ вѣшникомъ или скребкомъ, подводятъ ее, стараясь не взволновать воды, къ зумфу, откуда затѣмъ она удаляется разными способами: ручнымъ вычерпываніемъ, насосами, помощью водолазныхъ приспособленій и т. д.

Вѣшникъ можетъ быть устроенъ изъ пучковъ соломы, зажатыхъ между двумя планшетами, сбитыми другъ съ другомъ гвоздями.

Литіе по откосу производится обыкновенно въ пространствѣ огороженномъ шпунтовымъ рядомъ свай. Если вода, въ которой возводится сооруженіе, проточная, то она сама уноситъ большую часть известковой мути; но лучше все-таки для этой цѣли всегда устраивать въ формѣ нѣсколько отверстій.

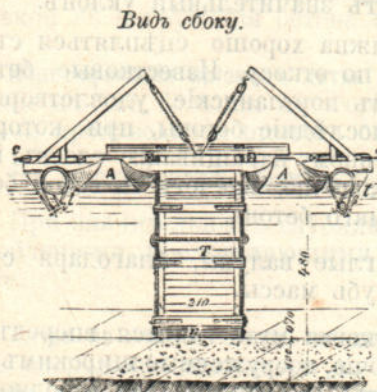
Наконецъ, при началѣ каждаго періода работы, слѣдуетъ по-мощью метелъ тщательно очистить поверхность откоса, на которую долженъ лечь новый слой бетона.

Когда глубина воды превышаетъ 2м., описанный пріемъ оставляется, въ виду невозможности заливать сразу цѣлымъ пластомъ откосы столь значительныхъ размѣровъ; примѣняя этотъ способъ отливки и при болѣе значительной глубинѣ, работу приходилось бы вести постепенными наращиваніемъ частей одного и

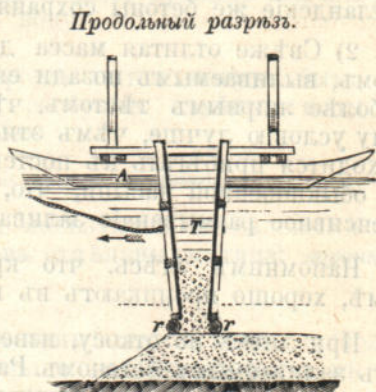
того же слоя, что вызывало-бы сильное увеличеніе общей площади, подвергающейся дѣйствию размыванія. Поэтому, въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ приспособленіямъ, позволяющимъ помѣщать бетонъ прямо на предназначенное ему мѣсто, защищая при этомъ его отъ соприкосновенія съ водой.

Эти приспособленія суть: воронки и ящики.

Литье помощью воронокъ. Воронки представляютъ изъ себя сверху расширяющіеся длинные ящики, открытые сверху и снизу, имѣющіе обыкновенно прямоугольное поперечное сѣченіе. Уровень верхняго отверстія ихъ остается выше уровня воды; нижнее устье касается верхней поверхности отливяемаго слоя.



Фиг. 63.



Фиг. 64.

Наиболѣе совершенный типъ этого рода приспособленій прежней конструкціи есть аппаратъ, которымъ Мари воспользовался для устройства плотинъ у Сентъ-Валери на Соммѣ (фиг. 63 и 64).

Воронка Т, подвѣшенная между двумя барками А,А, поддерживалась помостомъ, соединяющимъ обѣ барки. Наполненная, съ надлежащими предосторожностями, бетономъ, воронка, помощью сильнаго ворота утвержденнаго на берегу, подвигалась между обѣихъ барокъ, опоражнивая свое содержимое полосами во всю толщину слоя. Въ нижней своей части она была снабжена двумя тяжелыми катками г г, съ осями, перпендикулярными къ направлению движенія, облегчавшими и передвиженіе воронки и выходъ изъ нея матеріаловъ; кромѣ того, эти же катки выравнивали и прижимали бетонный слой, пока онъ находился въ тѣснообразномъ состояніи. Въмѣстѣ съ тѣмъ, аппаратъ былъ оборудованъ разными добавочными приспособленіями: бочками съ балластомъ т т для приведенія его къ требуемому уровню, полиспастами для регулированія

высоты воронки, канатами с, с, зачаченными на берегу, для удержанія барокъ на надлежащемъ мѣстѣ и т. д.

Массивъ, въ 1,70м. высоты, возводился полосами въ два слоя: въ 1,00м. и 0,70м.

Первая полоса имѣла ширину 2,00м. (какъ разъ ширина воронки), послѣдующія же полосы, отливаемые другъ около друга, имѣли не болѣе какъ отъ 0,60м.—до 1,70м. ширины, такъ какъ, во избѣжаніе какого-бы то ни было нарушенія непрерывности массива, для каждой вновь отливомой полосы воронка устанавливалась частью надъ вылитой уже предыдущей полосой.

Приспособленія для литья воронками, вообще говоря должны для каждаго частнаго случая быть надлежащимъ образомъ принаровлены къ наличнымъ условіямъ; приведенное нами описаніе можетъ служить лишь примѣромъ такихъ приспособленій.

Мари, убѣжденный сторонникъ воронокъ, приводитъ въ качествѣ главнаго аргумента въ пользу ихъ, при сравненіи съ ящиками,—прекрасныя качества массива, достигаемыя при литьѣ большими массами; система литья большими массами защищаетъ бетонъ отъ размыванія и отъ вреднаго дѣйствія почвенныхъ ключей.

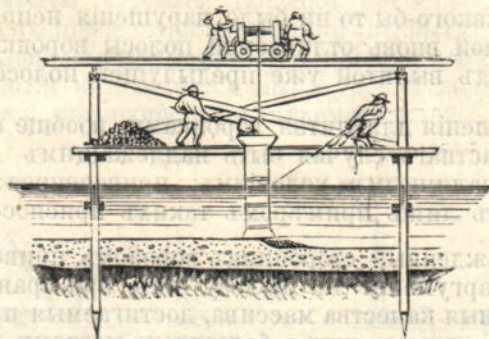
При литьѣ же ящиками, погружаемыя массы бетона имѣютъ меньшій объемъ, и потому размываніе идетъ болѣе энергично, а почвенные ключи легко прокладываютъ себѣ путь черезъ залитый слой незначительной толщины.

Иногда, практиковалось единовременное примѣненіе обѣихъ системъ: воронокъ и ящиковъ. Работы, ставшія классическими, по устройству устоевъ Руанскаго моста (1817 года), представляютъ примѣръ такого рода комбинаціи.

Воронкамъ ставили справедливо въ упрекъ дороговизну, громоздкость и тяжеловѣсность ихъ; къ тому же онѣ подвержены частой порчѣ и представляютъ извѣстныя трудности для обращенія съ ними. Долгое время система эта игнорировалась; однако, въ послѣдніе годы она, повидимому, снова начинаетъ входить въ употребленіе. Инженеръ Neude демонстрировалъ, нѣсколько лѣтъ тому назадъ, на строительномъ конгрессѣ (Congrès des Procédés de Construction) модель, представляющую счастливое примѣненіе этого принципа.

„Труба, съ квадратнымъ (со сторонами въ 0,40м.) поперечнымъ сѣченіемъ, сшитая изъ обыкновенныхъ досокъ, спускается вертикально на дно сооруженія, такимъ образомъ, что надъ поверхностью воды остается еще часть ея, около 1,50м. Эта труба, помощью передвижнаго ворота, можетъ подниматься и перемѣщаться, на подмостяхъ, по направленію ширины отливомого массива; канатъ или цѣпь, прикрѣпленные къ нижней части трубы, позволяютъ рабочему перемѣщать выходное отверстіе трубы на другое мѣсто (фиг. 65).

„Трубу, поставленную своимъ нижнимъ основаніемъ на дно, наполняютъ до верха бетономъ; затѣмъ, помощью ворота, слегка приподымаютъ ее, и бетонъ частью выходитъ на дно; мѣсто стоянія трубы мѣняется помощью указанной боковой цѣпи, причемъ труба опять опускается на дно; снова верхнюю часть ея наполняютъ бетономъ, потомъ приподымаютъ, чтобы бетонъ вышелъ изъ нея и т. д.



Фиг. 65.

„Такимъ образомъ, отъ верху до самаго низу образуется настоящий потокъ бетона, который достигаетъ мѣста своего назначенія въ массивѣ, не приходя нигдѣ, на своемъ пути, въ соприкосновеніе съ водой. Необходимо только соблюдать одну предосторожность и эта предосторожность очень существенна: при подъемѣ трубы, слѣдуетъ наблюдать за тѣмъ, чтобы верхній уровень бетона въ трубѣ не опускался ниже уровня воды.

Послѣ того, какъ нижняя оконечность трубы смѣщена помощью боковой цѣпи, труба приводится въ вертикальное положеніе; эта операція, однако, очень простая и быстрая“.

Литье ящиками. Ящикъ, открытый сверху, спускается въ воду; по достиженіи желаемой глубины, бетонъ изъ него выгружается и ложится на предназначенное для него мѣсто.

Въ видахъ ослабленія вредныхъ дѣйствій размыванія, литье ящиками должно производиться при возможно болѣе строгомъ соблюденіи слѣдующихъ условий:

Слѣдуетъ употреблять ящики большой емкости, чтобы, при данномъ объемѣ тѣстообразнаго бетона, его поверхность размыва была бы наименьшей.

Слѣдуетъ остерегаться сотрясеній, во избѣжаніе переколачиваніе бетона заново.

При наполненіи ящика, слѣдуетъ немного утрамбовать верх-

нюю часть бетонной массы; этимъ устраняется вхожденіе воды, во время спуска ящика.

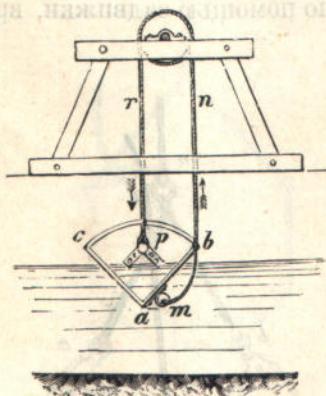
Выгружать ящикъ слѣдуетъ по возможности ближе къ мѣсту, занимаемому монолитомъ.

Большіе ящики даютъ лучшіе результаты, однако вѣсь ихъ требуетъ соотвѣтственныхъ приспособленій и болѣе прочныхъ подмостей. Емкость ящиковъ колеблется обыкновенно между 0,3 куб. м. и 1 куб. м., хотя иногда устраивались ящики, емкостью въ 2 куб. м. и болѣе.

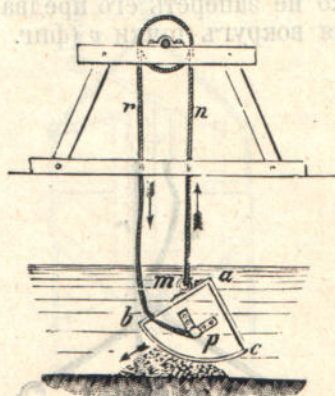
Принципы устройства. Подъемъ и спускъ ящиковъ производится помощью крана, или ворота, установленныхъ на помостъ или шаландѣ.

Выливаніе бетона совершается автоматически; иногда же, помощью особаго приспособленія съ канатомъ, за который рабочему стоитъ только потянуть въ надлежащій моментъ.

Ящикъ, примененный въ Алжирѣ въ 1837 году. Емкость его равнялась одному куб. метру. Сѣченіе его, перпендикулярное длинѣ, представляетъ четверть круга abc . Два каната r , прикрѣпленные въ p , будучи натянуты, удерживаютъ ящикъ въ положеніи равновѣсія (фиг. 66); они развертываются при спускѣ. Два другихъ ка-



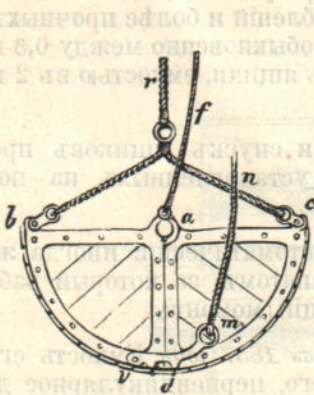
Фиг. 66.



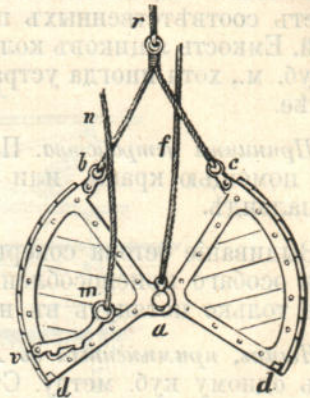
Фиг. 67.

ната n , прикрѣпленные въ m , наворачиваются на ворота, при спускѣ ящика. Длина наворачиванія mn рассчитана такимъ образомъ, чтобы при достиженіи ящикомъ надлежащаго уровня, онъ опрокинулся, какъ показано на фиг. 67. Затѣмъ, пустой ящикъ подымается и описанная операція возобновляется. Въ стѣнкахъ ящика пробиты отверстія, позволяющія водѣ уходить изъ ящика во время подъема его.

Ящикъ Пето. Ящикъ, устроенный Пето, имѣетъ емкость 0,400 куб. м. Двѣ четверти цилиндра, внизу соединенныя другъ съ другомъ задвижкой, а вверху имѣющія общую ось вращения a , составляютъ ящикъ $abcd$. Канаты r прикрѣпляются къ b и c . Въ силу такого устройства и собственного вѣса секторовъ, ящикъ, бу-

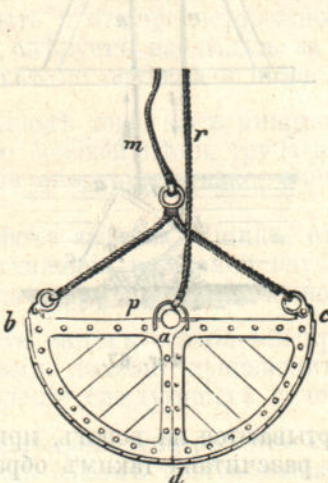


Фиг. 68.

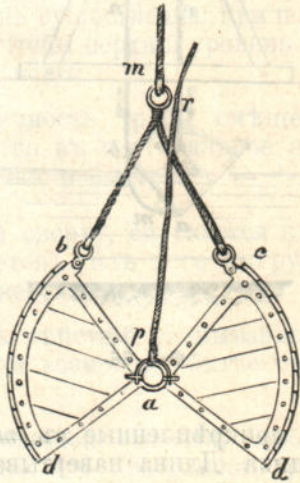


Фиг. 69.

дучи подвѣшенъ, остается неизбѣжно открытымъ (фиг. 69), если только не запереть его предварительно помощью задвижки, вращающейся вокругъ точки v (фиг. 68).



Фиг. 70.



Фиг. 71.

По достиженіи ящикомъ дна, рабочій, маневрирующий веревкой mn , тянетъ за нее и открываетъ задвижку, вслѣдствіе чего

содержимое ящика выливается (фиг. 69). Когда ящикъ поднять обратно на помость, гдѣ производится нагрузка, рабочій тянетъ за веревку *af*, чтобы сблизить секторы и запереть задвижку (фиг. 68).

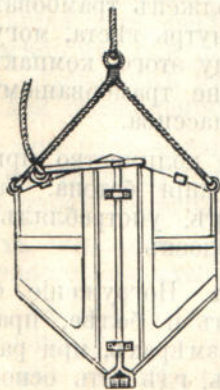
Ящикъ Regnaud'a. Regnaud упростилъ приемы, необходимые при примѣненіи вышеописаннаго ящика. Точки прикрѣпленія канатовъ *r* перенесены на ось въ *p*; въ этомъ случаѣ ящикъ держится закрытымъ подѣ влияніемъ собственнаго вѣса (фиг. 70).

Веревки *m* укрѣпляются въ точкахъ *b* и *c*; въ надлежащій моментъ рабочему остается только потянуть за эти веревки и ящикъ откроется (фиг. 71). Такимъ образомъ устранена необходимость каната *af* и запирающей ящикъ задвижки.

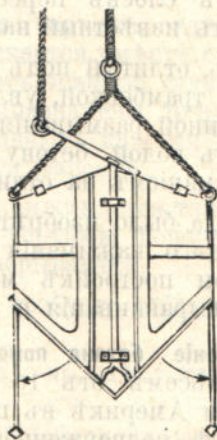
Ящикъ Noël'a. Noël предложилъ деревянные ящики съ плоскими стѣнками.

Фигуры 72 и 73 наглядно показываютъ дѣйствіе такого ящика: при поднятіи вверхъ задвижки, двѣ нижнихъ стѣнки основанія раскрываются, вращаясь вокругъ нижнихъ реберъ боковыхъ стѣнокъ, подѣ влияніемъ ихъ собственнаго вѣса и напора бетона.

Та же система запора примѣняется и при деревянныхъ ящикахъ съ вертикальнымъ сѣченіемъ треугольной формы.



Фиг. 72.



Фиг. 73

На фиг. 54 легко рассмотреть дѣйствіе и конструкцію ящиковъ, употребленныхъ при сооруженіи Викловскаго мола.

Наконецъ, существуетъ большое число другихъ ящиковъ, на описаніе которыхъ мы не будемъ тратить время, такъ какъ они представляютъ лишь несущественныя измѣненія въ деталяхъ,

Отливка массива слоями. Уплотненіе его. Массивы, сообразно ихъ толщинѣ, отливаются однимъ или нѣсколькими слоями. Въ послѣднемъ случаѣ, толщина каждаго отдѣльнаго слоя дѣлается разная.

Нѣкоторые инженеры стоятъ за болѣе значительную толщину, другіе—за очень ограниченную.

Болѣе значительная толщина слоя достигается послѣдовательной выгрузкой ящиковъ одинъ на другой, при чемъ получаютъ большія коническія массы бетона. Критика, направленная противъ этого метода, указываетъ на развитіе чрезмерно большой площади откосовъ, подвергающихся размыванію, и на опасность внезапнаго обвала такихъ конусовъ. Съ другой стороны извѣстно, что большія массы, лучше малыхъ, сопротивляются дѣйствию размыванія.

Тонкій слой образуется путемъ соединенія другъ съ другомъ большого числа маленькихъ конусовъ, выливаемыхъ ящиками одинъ возлѣ другого. Этотъ приѣмъ ведетъ къ тому, что въ получающемся слое поверхность его заключаетъ массу мелкихъ впадинъ и пустотъ, задерживающихъ въ себѣ известковую мусть, что представляетъ важное неудобство, такъ какъ успѣхъ сооруженія всякаго массива подъ водой зависитъ прежде всего отъ возможности добиться удаленія изъ него известковой мути.

Для облегченія удаленія этой послѣдней, иногда комбинируютъ литье ящиками съ литьемъ по откосу; при этомъ поверхности отливаемыхъ слоевъ перестаютъ уже быть горизонтальными, а приобрѣтаютъ извѣстный наклонъ.

Бетонъ, отлитый подъ водой, не долженъ трамбоваться, такъ какъ удары трамбовкой, увлекаая воду внутрь тѣста, могутъ послужить причиной размыванія его; въ виду этого, компактность отлитому подъ водой бетону придается не трамбованіемъ, а сильнымъ нажиманіемъ на отлитыя части массива.

Нѣкогда было изобрѣтено большое количество приспособленій для такого нажиманія и выравниванія бетона. Такъ, Бодемунъ, при постройкѣ моста въ Турѣ, употреблялъ тяжелые катки для выравниванія и уплотненія слоевъ.

Погруженіе бетона помощью мѣшковъ. Погруженіе бетона въ мѣшкахъ вѣсомъ отъ 10 до 100 тоннъ и болѣе, практикуется въ Англіи и Америкѣ въ широкихъ размѣрахъ, при работахъ въ водной средѣ, подверженной волненіямъ, гдѣ есть основанія опасаться отошанія (отъ размыва) заливаемого бетона.

Этотъ приѣмъ служитъ также для устройства фундаментовъ подъ водой на большой глубинѣ; замѣняя собою въ этомъ случаѣ примѣненіе большихъ искусственныхъ и естественныхъ камней (массивовъ)*, онъ представляетъ извѣстныя преимущества.

Такъ, онъ позволяетъ обходиться безъ формъ и подвижного

*) Въ практикѣ морскихъ сооружений, большіе камни, отливаемые изъ бетона на сушѣ, или приготавливаемые изъ бутовой кладки на цементъ и затѣмъ погружаемые въ воду, у насъ называются „массивами“, что соответствуетъ франц. слову „blocs“ (глыбы), а не слову „massifs“, переводимому въ этой книжкѣ какъ таковое. (Примѣч. ред.)

состава для передвиженія этихъ большихъ камней (массивовъ). Мѣшки, сливаясь одинъ съ другимъ, образуютъ компактное цѣлое, которое способно лучше сопротивляться дѣйствию волнъ, чѣмъ массы простыхъ геометрическихъ формъ.

Съ другой стороны, въ фундаментахъ, связность между мѣшками, сама по себѣ очень ненадежная, тѣмъ болѣе должна считаться неудовлетворительной, что, для защиты ихъ отъ размыванія, приходится ограждать бетонную массу очень плотной тканью, или же заключать ее въ двойные мѣшки; въ случаѣ, если то позволяютъ обстоятельства, указанное неудобство пытаются устранить, нагнетая, помощью трубъ, растворъ цемента въ промежутки между мѣшками:

Часто, въ бурныхъ моряхъ, приходится считаться съ громадной тратой времени и матеріаловъ, причиняемой прорываніемъ мѣшковъ.

Погруженіе небольшихъ мѣшковъ производится помощью ящичковъ, аналогичныхъ обыкновенно примѣняемымъ для литья въ водѣ. Ящички эти имѣютъ форму мѣшка; въ такой ящикъ кладется мѣшокъ, наполняется бетономъ и затѣмъ, вся система опускается на желаемую глубину, гдѣ особымъ приспособленіемъ мѣшокъ выбивается изъ ящичка.

Большіе мѣшки изготовляются въ баркахъ, отдѣленія которыхъ снабжены оболочкой, которая опускается вмѣстѣ съ бетономъ, въ видѣ мѣшка. Эти барки выгружаютъ мѣшки, становясь какъ разъ надъ мѣстомъ, гдѣ послѣдніе предназначены лечь; водолазы слѣдятъ за опусканіемъ ихъ и прилаживаютъ каждый мѣшокъ на его мѣсто для обезпеченія компактности массива.

Послѣдній рядъ выравнивается и прижимается тяжелыми катками; иногда, чтобы лучше выровнять верхнюю поверхность, нѣсколько мѣшковъ въ верхней части разрываются.

Успѣхъ выполненія такой работы требуетъ соблюденія извѣстныхъ предосторожностей.

Чтобы мѣшки не разрывались, ихъ не слѣдуетъ наполнять бетономъ до верху.

Такъ какъ массивъ, сложенный изъ мѣшковъ, заключаетъ въ себѣ пустоты, то является осмтрительнымъ не доводить его до пояса, гдѣ волны распространяютъ сферу своего дѣйствія; обыкновенно, эта линія считается лежащей на нѣсколько футовъ ниже уровня низкой воды.

Въ тѣхъ массивахъ, при сооруженіи которыхъ послѣднее правило не было соблюдено, замѣчались значительныя поврежденія, происходящія отъ сжатія воздуха и давленія воды въ пустотахъ.

Наконецъ, при грунтѣ ползучемъ, или подверженномъ подмыванію, сооруженіе должно покоиться на очень широкомъ основаніи, устроенномъ изъ мѣшковъ весьма значительныхъ размѣровъ.

ГЛАВА X.

Различныя свѣдѣнія.

Практическія замѣчанія, касающіяся пропорцій составныхъ частей бетоновъ.

Пропорція цемента. Часто въ подрядныхъ условіяхъ встрѣчается такое выраженіе: *бетонъ долженъ состоять изъ x частей камней, x' частей песку и x'' частей цемента.*

Спрашивается, что должны обозначать: *части* цемента?

Очевидно объемы, такъ какъ до сихъ поръ не практикуется взвѣшивать ни песокъ, ни камни—матеріалы, къ которымъ прилагается тотъ же терминъ.

Поэтому, администрація могла бы счесть своимъ правомъ, при поставкѣ песку и камня въ куб. метрахъ, требовать и поставки цемента также въ куб. метрахъ.

Подобное требованіе имѣетъ основаніе, однако послѣдствія его были бы очень серьезны, такъ какъ составленіе бетоновъ на практикѣ, какъ мы уже видѣли, не подчиняются тѣмъ правиламъ, которые принимаются въ лабораторіяхъ. Цементъ, погруженный въ тачку или вагончикъ, подвергается значительному уплотненію. При подобныхъ условіяхъ, плохо освѣдомленный подрядчикъ рисковалъ бы вмѣсто каждаго куб. метра цемента поставить количество его, вѣсомъ до 1.800 килограммовъ и болѣе.

Если бы, для пополненія этого пробѣла, въ условіи было специально оговорено, что объемъ одного куб. метра цемента представляется вѣсомъ въ 1.200, 1.300 или 1.400 килограммовъ, то всякая возможность неправильнаго истолкованія этого условія была бы устранена.

Однако, объ этомъ пунктѣ подрядныя условія обыкновенно всегда умалчиваютъ.

Впрочемъ, иногда, въ главѣ объ требованіяхъ, предъявляемыхъ къ качеству матеріаловъ, оговаривается, что цементъ, медленно сыпанный въ мѣрку, емкостью въ гектолитръ, долженъ вѣсить

столько-то килограммовъ, обыкновенно 130 килогр., если дѣло идетъ о портландскомъ цементѣ.

Вправѣ ли мы, изъ этого добавочнаго условія заключить, что 1 куб. метръ цемента, при составленіи бетона, будетъ имѣть вѣсъ въ 1.300 килограммовъ?

Нѣтъ, такъ какъ приведенное условіе служить только для опытной провѣрки качества поставляемаго цемента. Если бы это было иначе, то, при недобросовѣстности, являлась бы возможность ссылаться на это качественное условіе, когда испытаніе плотности отнесено къ емкости литра.

Изъ изложеннаго ясно, что въ вопросѣ о пропорціи цемента существуетъ, къ сожалѣнію, упущенный изъ виду пунктъ, способный поставить мало-опытнаго инженера лицомъ къ лицу съ неприятными неожиданностями, а подрядчика въ зависимость отъ произвола администраціи работъ.

Поэтому, пропорція цемента, какъ въ лабораторіяхъ такъ и на заводахъ, должна браться по вѣсу: это единственно правильный путь, и притомъ находящійся въ согласіи съ практикой сооруженій, такъ какъ достоинство раствора прямо пропорціонально вѣсу содержаго въ немъ цемента.

Эта теорія вѣсовой пропорціи относится также и къ извести; однако, для послѣдней упомянутое неудобство менѣе чувствительно, такъ какъ известь стоитъ значительно дешевле и не уплотняется настолько, какъ цементъ. Кромѣ того, на практикѣ ужъ какъ то привыкли, по рутинѣ, брать известь по объему; въ этомъ случаѣ, подрядчику слѣдуетъ лишь опытнымъ путемъ установить, какое количество раствора можетъ быть приготовлено изъ одного куб. метра извести, и онъ уже болѣе не сдѣлается жертвой непредвидѣнныхъ случайностей. Тѣмъ не менѣе, желательно, чтобы въ подрядныхъ условіяхъ, хорошо выработанныхъ, пропорція извести также помѣчалась въ вѣсовыхъ частяхъ.

Пропорція песку и валуновъ. Нѣкоторые подрядныя условія предписываютъ нагрузку матеріаловъ лопатой безъ уплотненія.

Такое требованіе порождаетъ на практикѣ нѣкоторыя неудобства.

Доставка песку и валуновъ къ мѣсту фабрикаціи бетона производится, какъ мы видѣли, обыкновенно въ повозкахъ опредѣленнаго объема. Крупные матеріалы: кирпичный щебень, раздробленный камень и валуны не подвержены уплотненію, чего нельзя сказать про песокъ.

Подъ вліяніемъ нѣсколькихъ ударовъ лопатой, послѣдній способенъ легко дать уменьшеніе въ объемѣ на 5%—10%. Отсюда ясно, что надзоръ за правильнымъ измѣреніемъ объемовъ песка

весьма труденъ и способенъ повлечь къ непрерывнымъ столкновениямъ, такъ какъ рабочіе часто имѣютъ склонность къ утрамбовыванію, перевозимаго на повозкахъ матеріала.

Кромѣ того, слѣдуетъ замѣтить, что нагрузка матеріаловъ обыкновенно производится на извѣстномъ разстояніи отъ мѣста примѣненія ихъ въ дѣло; отсюда, легко можетъ случиться, что, при отсутствіи особаго надсмотрщика, рабочіе могутъ перегрузить повозки. Эта перегрузка вовсе не будетъ замѣтна, такъ какъ сотрясенія повозки, при движеніи ея, заставятъ большую часть излишка войти внутрь массы.

Поэтому, по прибытіи повозки, надсмотрщику слѣдуетъ сравнять массу песка, вода сверху линейкой по краямъ повозки.

Въ виду этого обстоятельства, лучше допустить обычную нагрузку, но рассчитать цѣны и пропорціи примѣнительно къ песку, испытавшему извѣстную степень уплотненія.

Современная практика переходитъ къ *вѣсовому* измѣренію пропорціи песка и камня; это слѣдуетъ признать полезной предосторожностью, не смотря на то, что ею суживается все-таки выборъ матеріаловъ. Кромѣ того, легко понять, что, при измѣреніи по вѣсу подрядчику представляется интересъ брать матеріалы съ возможно меньшимъ удѣльнымъ вѣсомъ; а потому, въ подрядныхъ условіяхъ слѣдуетъ предвидѣть подобную возможность и устранить ее, указавъ природу матеріаловъ.

Наконецъ, для песка измѣреніе по вѣсу усложняется, если принять въ соображеніе вліяніе влажности.

Пропорція воды. Избытокъ фабрикаціонной воды въ бетонѣ не только вліяетъ на качества монолита, но и способенъ повлечь къ крупной ошибкѣ, въ смыслѣ надлежащаго состава его. Въ самомъ дѣлѣ, вода, занимающая часть объема въ измѣрительномъ приборѣ,—объема, который долженъ занять растворъ, отнимается у этого послѣдняго мѣсто; поэтому, растворъ не будетъ введенъ въ достаточномъ количествѣ.

Избытокъ воды въ растворахъ и бетонахъ. Мѣры, принимаемыя противъ этого избытка. Перечислимъ неудобства, причиняемыя избыткомъ фабрикаціонной воды.

Онъ дѣлаетъ растворъ, а слѣдовательно и бетонъ, болѣе тощимъ; послѣдній уже не содержитъ въ себѣ, поэтому, предписанную дозу цемента.

При перевозкѣ тѣста, избытокъ воды нарушаетъ однородность массы, облегчая отдѣленіе раствора отъ камней.

Далѣе, избытокъ воды препятствуетъ дѣйствію утрамбовыванія, позволяя раздаваться массѣ въ бока подъ ударами трамбовки

При наливании бетона в форму, жидкие части, вытекая через стыки ее, уносят с собой некоторое количество цемента.

Схватывание раствора замедляется.

При отверждении массива, вода уходит путем испарения, оставляя пустоты, вредящие непроницаемости и сопротивлению бетона.

Бетон, приготовленный с избытком воды, больше подвержен растрескиванию, чем бетон, приготовленный с густым раствором.

Наконец, вода, введенная в избыток, в больше или меньше значительной степени уменьшает пропорцию цемента в бетоне, вследствие чего массив теряет свой однообразный колорит.

Некоторые строители пытались вводить, в периоды сильных жаров или засух, избыток воды, желая задержать слишком быстрое высыхание массы. Однако, такой искусственный прием нельзя рекомендовать; лучшим средством, в подобных случаях, является частая поливка воздвигаемого массива водою.

В тропических широтах, англичане, в целях противодействия вредным последствиям от очень быстрого высыхания массива, прибавляют к раствору порландского цемента, растворы, содержащие сахар или патоку. Лучшая пропорция, по видимому, это—9 килогр. сахара на 1.000 килогр. цемента. Патока лучше противится быстроте высыхания, чем растворы сахарного песка. Независимо от такого предохранительного действия, присутствие в цементном растворе названных ингредиентов, по утверждению некоторых инженеров, увеличивает его сопротивление.

Часто, рабочие склонны вводить избыток воды в обыкновенные цементные растворы, с целью сделать их *более поддающимися* обработке. Действительно, цементные растворы вообще *жестки* и *обрабатываются трудно*.

Однако, большой избыток воды, введенный для устранения трудности обработки (замешивания) раствора, столь же вреден, как и прием, практикуемый некоторыми каменщиками, и состоящий во введении в раствор очень глинистого песка, или даже растительной земли. Сопротивление раствора, при подобных условиях, всегда изменяется. Предпочтительнее прибавлять к раствору известковое молоко или гашеную известь. Количество прибавляемой гашеной извести не должно, по объему, превышать $\frac{1}{12}$ объема песка или $\frac{1}{4}$ объема цемента.

Жесткость цементных растворов уменьшается также от прибавления $\frac{1}{7}$ части, по объему, кирпичного порошка; порошок этот получается из кирпичей, обожженных до полного спекания.

Наконецъ, продолжительное замѣшиваніе также уменьшаетъ жесткость подобныхъ растворовъ.

Замѣчанія, касательно сводовъ съ большимъ пролетомъ.—Раскружаліе ихъ. Столь широко рекомендуемый, при почти всякаго рода сооруженіяхъ, бетонъ теряетъ, однако, часть своихъ полезныхъ качествъ, при постройкѣ сводовъ съ большимъ пролетомъ.

Отливка такихъ сводовъ требуетъ примѣненія отборныхъ матеріаловъ и потому обходится дорого.

Издержки увеличиваются также отъ того, что, чѣмъ больше пролетъ, тѣмъ богаче долженъ быть содержаніемъ цемента, предназначаемый для такого сооруженія, растворъ.

Изготовленіе растворовъ для подобнаго рода сооруженій требуетъ, кромѣ того, совершенно спеціальнаго замѣшиванія.

Всѣ указанныя операціи, а изъ нихъ, особенно отливка бетонной массы, должны быть ведены съ такими предосторожностями, которыя иногда трудно даже бываетъ выполнить.

Въ теченіе нѣсколькихъ недѣль, по окончаніи сооруженія, монолитъ требуетъ особаго ухода, во избѣжаніе слишкомъ быстрого его высыханія, такъ какъ послѣднее можетъ повлечь за собой появленіе въ немъ трещинъ и разсѣлинъ.

Къ раскружаліанію такихъ сводовъ не слѣдуетъ ни подъ какимъ видомъ подступать, по крайней мѣрѣ, ранѣе мѣсяца, тогда какъ для небольшихъ сводовъ эта операція можетъ быть безъ всякой опасности произведена черезъ нѣсколько дней. Слишкомъ долгое выдерживаніе сводовъ на кружалахъ не только является невыгоднымъ съ экономической точки зрѣнія, но, въ извѣстныхъ случаяхъ, еще обуславливаетъ собой продолжительный перерывъ въ періодичности пользованія однимъ и тѣмъ же матеріаломъ для этихъ кружалъ.

Однимъ словомъ, если принять во вниманіе всѣ выше приведенныя неудобства, то придется согласиться, что, при сооруженіи большихъ сводовъ, всѣ другія системы каменныхъ кладокъ обойдутся въ общемъ дешевле бетонной.

Чтобы наглядно выяснитъ важное значеніе времени раскружаліанія большихъ бетонныхъ сводовъ, мы помѣщаемъ здѣсь заимствованные нами изъ „Journal des Architectes et Ingénieurs autrichiens“ (6 мая 1893 года) результаты, относящіеся къ сооруженію моста черезъ рѣку Нейтру, въ концѣ 1892 года

Этотъ мостъ, состоящій изъ шести арокъ, каждая съ пролетомъ въ 17м., былъ отлитъ изъ бетона въ связи съ железомъ.

Были замѣчены слѣдующія осѣданія сводовъ, по раскру-
жалованіи ихъ:

Сводъ I,	раскружален.,	спустя 43 дня послѣ замыканія,	далъ осадку въ замкѣ въ	2 мм.
Сводъ II,	»	»	»	» 6 »
Сводъ III,	»	» 40 »	»	» 12 »
Сводъ IV,	»	» 36 »	»	» 14 »
Сводъ V,	»	» 32 »	»	» 17 »
Сводъ VI,	»	» 31 »	»	» 15 »

По отношенію къ сопротивленію, большіе своды изъ бетона не представляютъ никакой опасности, если нагрузка ихъ, хотя бы и очень значительная, сохраняетъ постоянную величину; но опасность возникаетъ при внезапной добавочной нагрузкѣ массой, находящейся въ движеніи и обладающей большимъ вѣсомъ, что, напри-
мѣръ, имѣетъ мѣсто въ виадукахъ желѣзныхъ дорогъ.

Недостатокъ эластичности сооруженія можетъ имѣть тогда слѣдствиемъ разрывы его сплошности, такъ какъ, благодаря не-
способности монолита къ упругимъ измѣненіямъ его формы, де-
формирующія усилія не могутъ въ немъ столь далеко переда-
ваться, какъ это происходитъ въ сводахъ изъ камня, или изъ эла-
стичныхъ матеріаловъ, вродѣ желѣза и стали.

Штукатурки (облицовки). Наложеніе штукатурокъ, для обезпече-
нія лучшей степени сцѣпленія ихъ съ монолитомъ, должно произ-
водиться тотчасъ же вслѣдъ за удаленіемъ формъ. Однако, иногда
замѣчалось, что штукатурки, наложенныя нѣсколько мѣсяцевъ
спустя послѣ отливки монолита, представляли столь же хорошую
степень сцѣпленія и даже проявляли меньшую наклонность къ
растрескиванію, чѣмъ штукатурки, наложенныя на свѣжій бетонъ;
это должно быть объяснено тѣмъ, что внутренняя часть массива
уже имѣла время освободиться отъ фабрикаціонной воды.

Составъ штукатурокъ, варьируясь въ зависимости отъ назна-
ченія сооруженія, колеблется между 1 частью цемента на 1 до 3 ча-
стей песка. Богатый цементомъ растворъ для штукатурки рас-
трескивается скорѣе тощаго раствора. Составъ штукатурки: 1часть
цемента+1часть песка+отъ $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{6}$ части жирной извести, даже
при высокому давленіи, гарантируетъ, при толщинѣ ея отъ 0,01м.
до 0,02м., полную непроницаемость.

Матеріалы для штукатурокъ должны быть высшаго качества;
совѣтуютъ брать песокъ съ острыми гранями. Если послѣдній не
содержитъ мелкихъ частицъ, то къ раствору прибавляется $\frac{1}{10}$ часть
жирной извести въ видѣ густого молока, чтобы онъ лучше прили-
палъ къ поверхности бетоннаго массива.

Покрываемаыя штукатурнымъ растворомъ части массива
должны быть чистыми; для послѣдней цѣли, ихъ чистятъ мет-

лами или щетками изъ желѣзной проволоки; передъ самымъ наложеніемъ штукатурки, поверхность массива обливается водой.

Эти манипуляціи требуютъ рабочихъ, специально ознакомленныхъ съ подобной работой. Сухое смѣшеніе песка и цемента должно производиться очень тщательно, и затворяемое тѣсто должно быть густымъ и съ малымъ содержаніемъ воды.

Растворъ, бросаемый лопаточкой на стѣнку, выравнивается и прижимается обратной стороной лопаточки; при этомъ надо избѣгать разглаживанія поверхности штукатурки, чтобы дать возможность затворяемой водѣ выходить изъ раствора.

Очень красивыя облицовки получаются, если на ихъ выравненныхъ поверхностяхъ сдѣлать наметъ изъ раствора: это такъ называемая тирольская облицовка.

Цементныя штукатурки можно покрывать масляной краской; слѣдуетъ только предварительно наложить на поверхность такой штукатурки слой извести или силиката.

Наконецъ, для предохраненія свѣжей штукатурки противъ мороза, или слишкомъ быстрого высыханія, слѣдуетъ въ первомъ случаѣ покрыть ее соломой, а во второмъ—подвергнуть поверхность ея частому поливанію водой.

Мостовыя. Бетонныя мостовыя часто подвергаются осужденію: имъ ставятъ въ упрекъ, что онѣ плохо сохраняются. Такъ какъ недостатки бетонныхъ мостовыхъ, въ большинствѣ случаевъ, зависятъ отъ неумѣнія ихъ строить, то мы укажемъ на главнѣйшія предосторожности, которыя слѣдуютъ соблюдать при ихъ сооруженіи.

На днѣ выемки, тщательно утрамбованномъ, кладутъ слой бетона, поверхность котораго хорошенько выравниваютъ и утрамбовываютъ. Толщина такого слоя колеблется между 0,08м. и 0,20м., смотря по назначенію мостовой. Для тротуаровъ, толщина въ 0,08м. достаточна; при ѣздѣ въ экипажахъ—она колеблется между 0,15м. и 0,20м. Масскіе форты, занимающіе площадь въ 80.000 кв. метровъ, замощены въ толщину 0,08м.

При плотномъ и хорошо осушенномъ грунтѣ, бетонъ, служащій основаніемъ мостовой, можетъ быть довольно бѣденъ цементомъ, содержа не болѣе 120—140 килогр. цемента на 1 куб. метръ. Для балласта, можно въ такомъ случаѣ воспользоваться мелкимъ гравіемъ въ 0,04м. и maximum въ 0,05м.

На бетонный слой, служащій основаніемъ мостовыхъ, кладется еще верхній слой—одежда мостовыхъ. Одежда мостовыхъ имѣетъ обыкновенно толщину отъ 0,015м. до 0,020м. и дѣлается изъ раствора на хорошо обожженномъ цементѣ и притомъ цементъ самаго лучшаго сорта. Обыкновенныхъ сортовъ цементъ порождаетъ мелкую, неприятную пыль и стирается съ мостовой весьма быстро.

Песокъ для этого верхняго слоя долженъ быть тщательно промытъ; величина его зеренъ не должна превышать 0,005м.

Составъ одежды колеблется между 1 частью цемента на 1 до 3 песка.

Растворъ долженъ быть приготовленъ особенно внимательно и замѣшанъ съ возможно меньшимъ количествомъ воды.

Для обезпеченія надлежащаго сцѣпленія, одежду слѣдуетъ наложить, не дожидаясь затвердѣнія нижняго слоя бетона. Одежда, во избѣжаніе появленія трещинъ, не должна отливаться заразъ, сплошной, а отдѣльными частями или прямоугольными плитами, какъ уже было говорено объ этомъ ранѣе; швы же слѣдуетъ заливать позднѣе.

Одежда мостовыхъ накладывается на нижній слой бетона помощью лопаточки и уколачивается помощью очень легкой трамбовки или прижимается обратной стороной лопаточки. Мостовые выравниваются помощью, скользящей на двухъ параллельныхъ линейкахъ, третьей линейки, окованной желѣзомъ, манипулируя которой сръзаютъ всѣ неровности верхняго слоя раствора.

Наконецъ, поверхность мостовой насѣкается, дѣлится на ромбы, снабжается желобками, или оставляется гладкой.

Мостовые слѣдуетъ сооружать въ холодное время года, принимая, однако, надлежащія предосторожности противъ морозовъ.

Во избѣжаніе слишкомъ быстраго высыханія и для защиты мостовой передъ пользованіемъ ею, ее покрываютъ слоемъ влажнаго песка, толщиной отъ 0,07м. до 0,08м., или древесными опилками, или также досками.

Въ Америкѣ, изготовляются очень прочныя мостовыя, путемъ прибавленія къ раствору, для одежды ихъ, соломы или желѣзной окалины.

Достиженіе водонепроницаемости въ каналахъ. Потери воды, путемъ просачиванія, составляютъ крупныя неудобства для каналовъ, такъ какъ въ этомъ случаѣ онѣ влекутъ за собой даже перерывы въ навигаціи.

Вспомнимъ, по этому поводу, нѣсколько фактовъ. Готей (Gauthy) констатировалъ, что въ поясѣ Центральнаго канала, вырытомъ надъ древними каменоломнями, вода вся исчезла въ 24 часа.

Въ первые годы эксплуатаціи Сентъ-Квентинскаго канала, служба его на двѣ трети времени была прервана въ верхнемъ плесѣ канала, вырытомъ въ почвѣ, изборожденной трещинами.

Изъ Нарбонскаго канала, спустя пятнадцать лѣтъ послѣ его сооруженія, часть воды ушла сквозь его береговые откосы изъ

гравія, произведя пониженіе уровня воды въ каналѣ болѣе чѣмъ на 0,80м.

Столь опасныя явленія обратили на себя вниманіе многихъ талантливыхъ инженеровъ, какъ то: Пейроннэ, Готея, Пуссена, Дюпена, графа Пилле-Вилля и др. Этими практиками были указаны различныя средства для предотвращенія подобныхъ явленій, но всѣ они единогласно признали, что наиболѣе дѣйствительнымъ средствомъ является покрытіе стѣнокъ водовмѣстилища слоемъ бетона, толщиной отъ 0,20м. до 0,30м. Однако, если почва, въ которой прорытъ каналъ, подвержена осѣданіямъ, то примѣненіе песку составляетъ болѣе энергичный, чѣмъ бетонная одежда, способъ борьбы съ просачиваніемъ водъ.

Въ различныхъ частяхъ канала Марны у Рейна, былъ широко примѣненъ способъ устройства водонепроницаемости помощью бетона; эти работы описаны инженерами Graëff и Malézieux и онѣ настолько отличаются, по своему характеру, отъ приѣмовъ прочихъ работъ этого рода, что мы позволимъ себѣ привести изъ нихъ слѣдующія данныя, относящіяся исключительно къ *примѣненію въ дело бетона.*

„Облицовка (одежда) водовмѣстилища состоитъ изъ:

„Слоя бетона, толщиною въ 0,15м. въ самомъ ложѣ канала и въ 0,10м. на 20 сантиметровъ выше уровня воды; сверху, этотъ слой заливается растворомъ въ 0,02м. толщиной и покрывается землянымъ покровомъ, толщиной не менѣе 0,30м.

„Бетонъ составляется изъ 0,900 куб. метр. битаго камня (величиной отъ 0,03м. до 0,05м.), смѣшаннаго съ 0,600 куб. метр. раствора. Растворъ отвѣчаетъ составу въ 0,450 куб. метр. известковаго тѣста + 0,150 куб. метр. цемента + 0,750 куб. метр. песку. Ложе водоема хорошо вычищалось и поливалось водой; соблюдалась равномерность (не менѣе 0,10м.) въ толщинѣ заливаемого бетона.

„Дно энергично утрамбовывалось. По откосамъ трамбованіе производилось послѣдовательными горизонтальными слоями.

„Тотчасъ же послѣ заливки, бетонъ уколачивался башмакомъ (savate), вѣсомъ въ четыре килограмма, составленнымъ изъ двухъ кожъ, устьянныхъ толстыми гвоздями. Нѣсколько часовъ спустя, когда схватываніе уже началось, приступаютъ къ вторичному уколачиванію башмакомъ, вѣсомъ въ десять килограммовъ, составленнымъ изъ четырехъ кожъ и снабженнымъ толстыми шляпками гвоздей. Такое уколачиваніе (savatage) дѣйствуетъ энергичнѣе, чѣмъ обыкновенное утрамбовываніе и придаетъ большую компактность бетону, уничтожая всѣ пустоты въ немъ.

„Двухъ-кратнаго поколачиванія достаточно, послѣ чего бетонъ

покрывается сверху слоем раствора; если бетонъ не покрываютъ сверху растворомъ, то слѣдуетъ устраивать четырехъ и пяти-кратное поколачиваніе попеременно обоими башмаками, въ теченіе 60 часовъ.

„Поверхность залитого бетона, вычищенная, обметенная и политая водой покрывается еще слоемъ раствора не ранѣе 24 часовъ, спустя послѣ послѣдняго поколачиванія. Составъ этого раствора по объему: 0,450 куб. метр. известкового тѣста, 0,450 куб. метр. цемента и 0,450 куб. метр. песка; растворъ накладывали лопатками, бросая съ размаху на бетонъ и затѣмъ выравнивали и сглаживали его. Толщина этого слоя раствора, по придавливаніи его, не должна была падать ниже 0,015м.—0,020м.

„Спустя 24 часа послѣ наложенія, этотъ слой утрамбовывался легкой трамбовкой, съ цѣлью уничтоженія трещинъ, обязанныхъ сокращенію объема; для закрытія трещины, сначала производилось утрамбовываніе смежныхъ съ ней частей этого слоя, съ цѣлью произвести сближеніе обоихъ краевъ трещины; а послѣ этого, такое мѣсто два или три раза поколачивали легкимъ башмакомъ,

„Позднѣе, передъ самой обкладкой землей, послѣднія образовавшіяся трещины закрывались лопатками.

„Этотъ приемъ бетонированія требуетъ непрерывности веденія его; поэтому, въ тѣхъ случаяхъ, когда въ силу необходимости приходится прерывать работу, слѣдуетъ оставлять по откосамъ выступы, которые послѣ перерыва работъ очищаются, подбиваются и поливаются водой, для обезпеченія надлежащаго сопряженія старыхъ слоевъ съ новыми.

„Швы бетонного слоя и верхняго слоя раствора не должны приходиться одни противъ другихъ. Свѣже отлитыя части должны быть защищаемы навѣсами, или соломою отъ дѣйствія сильныхъ лучей солнца, или дождя.

„Впослѣдствіи, когда замѣчались трещины въ одеждѣ, то края таковыхъ расширялись до 0,02м. или 0,03м. и углублялись до 0,04м.—0,05м., послѣ чего ихъ заполняли цементомъ Васси“.

Обезпеченіе водонепроницаемости канала вышеописаннымъ способомъ, очевидно, обходится очень дорого; однако, оно имѣетъ то преимущество, что является радикальнымъ, и потому примѣняется въ наше время при всѣхъ подобнаго рода работахъ.

Бетоны Куанье. (Bétons agglomérés). Сюда относятся бетоны изъ мелкихъ каменныхъ матеріаловъ, размѣры которыхъ не превышаютъ 0,01м. Къ этой группѣ принадлежатъ многочисленныя разновидности искусственныхъ камней и монолитовъ Куанье, Блатонъ-Обера, Ренетта и др.

Примѣненіе въ дѣло каменныхъ матеріаловъ малыхъ размѣ-

ровъ повидимому находится въ противорѣчїи съ общими законами, относящимися до величины сопротивленія бетоновъ. Известно, что чѣмъ больше куски камня, тѣмъ больше и сопротивленіе бетона; поэтому, казалось бы, что и бетоны этой группы слѣдовало-бы изготовлять съ кусками камней такихъ же размѣровъ, какіе примѣняются для обыкновенныхъ массивовъ.

Это замѣчаніе было-бы, очевидно, справедливымъ, если-бы способъ фабрикаціи въ обоихъ случаяхъ былъ одинъ и тотъ же; но въ немъ то и заключается различіе. Только при соблюденіи особыхъ предосторожностей и внесеніи особой тщательности во всѣ манипуляціи изготовленія бетоновъ, Куанье, утилизируя мелкіе матеріалы и вводя минимальное количество извести или цемента, можно пслучать два важныхъ качества этихъ бетоновъ: *высокое сопротивление и быстрое затвердѣваніе.*

Резюмируемъ вкратцѣ главнѣйшіе принципы ихъ фабрикаціи:

1°. Бетонъ (растворъ) долженъ обладать однородностью, доведенной почти до математической точности. Такая однородность можетъ считаться достигнутой, если каждое зерно песку окружено тонкой оболочкой цемента. Такъ какъ количество песчинокъ громадно и поэтому развитіе общей ихъ поверхности весьма велико, то для удовлетворенія условію однородности замѣшиваніе должно быть произведено особенно тщательно.

Для этой цѣли, придумано специалистами множество типовъ особыхъ аппаратовъ смѣшивателей. Наиболѣе совершеннымъ изъ нихъ является аппаратъ Куанье. Главную часть его составляетъ цилиндръ, наклоненный къ горизонту на 30°, внутри котораго вращаются два сопряженныхъ винта, аналогичныхъ винту Гревельдингера. Матеріалы, вмѣсто того чтобы опускаться, поднимаются въ аппаратѣ; такимъ образомъ, смѣшеніе происходитъ не по нисходящему движенію матеріаловъ, а по восходящему, благодаря чему продуктъ смѣшенія выигрываетъ въ компактности. Кромѣ того, принимаются особые предосторожности при прибавленіи надлежащей пропорціи воды и матеріаловъ, сухомъ смѣшеніи, и т. д.

2°. Растворъ долженъ быть составленъ такимъ образомъ, что бы каждая песчинка была окружена тонкимъ слоемъ вяжущаго вещества. Нужно абсолютно избѣгать избытка вяжущаго вещества, особенно при употребленіи извести, связующая сила которой всегда очень незначительна. Избытокъ извести даетъ въ монолитѣ части меньшей вязкости, вредящія прочности и быстротѣ затвердѣванія монолита.

Последнее правило тщательно соблюдалось римлянами. Отличныя качества ихъ монолитовъ обязаны были не только превосходному замѣшиванію и достоинствамъ раствора, но также и минимальнымъ пропорціямъ извести. Анализъ старинныхъ облом-

ковъ ихъ сооружений обнаруживаетъ чуть не непосредственное соприкосновеніе частицъ песку или камней другъ съ другомъ.

Избытокъ цемента не имѣетъ описанныхъ вредныхъ послѣдствій, но онъ отражается на экономической сторонѣ продукта: избытокъ цемента является чистой потерей.

3°. Для достиженія значительной компактности и быстроты затвердѣванія, вода берется въ наименьшемъ количествѣ.

Считаемъ излишнимъ перечислять всѣ вредныя послѣдствія введенія воды въ растворъ въ избыточномъ количествѣ: мы на это уже достаточно указывали въ нашей книгѣ.

Известковый растворъ, по выходѣ его изъ смѣшивателя, долженъ быть слегка влажнымъ: будучи скатанъ въ шаръ и ужаты, онъ долженъ сохранять свою форму.

4°. Такъ какъ является однимъ изъ необходимыхъ условій, чтобы монолитъ внутри себя не имѣлъ никакихъ пустотъ, то трамбованіе бетоновъ Куанье слѣдуетъ выполнять очень энергично и болѣе тщательно, чѣмъ при бетонахъ съ болѣе крупными элементами: послѣдніе бетоны менѣе поддаются сокращенію ихъ объема при трамбованіи.

О сокращеніи объема при трамбованіи, легко судить по слѣдующимъ даннымъ: 1,6 куб. м. не утрамбованнаго, свѣжаго бетона, послѣ трамбованія уменьшаются до 1 куб. метра.

5°. Нѣкоторые заводчики прибавляютъ къ бетонамъ этой группы, идущимъ на изготовленіе искусственныхъ камней, растворы разныхъ силикатовъ для заполненія всѣхъ пустотъ.

Примѣчаніе. Изготовленіе бетоновъ Куанье относится скорѣе къ области промышленнаго производства, чѣмъ къ операціямъ, производимымъ на обыкновенныхъ бетонныхъ заводахъ, гдѣ является почти невозможнымъ обставить дѣло изготовленія такихъ продуктовъ съ той тщательностью, когда можно съ увѣренностью ручаться за безукоризненность результатовъ. Такъ, несомнѣнно, что если-бы бетонный заводъ, помощью обыкновенныхъ ресурсовъ, сталъ готовить растворъ означеннаго рода, по формулѣ Куанье, то получился бы отрицательный результатъ.

Тѣмъ не менѣе, изъ вышеизложеннаго явствуетъ, что описанный способъ имѣетъ то преимущество, что позволяетъ, пользуясь приемами обычныхъ работъ, получать, при слабомъ содержаніи извести или цемента въ растворѣ, бетоны съ хорошимъ сопротивленіемъ, если только примѣнять продолжительное и тщательное смѣшиваніе; кромѣ того, этотъ же способъ даетъ выходъ изъ затрудненія, могущаго встрѣтиться въ мѣстностяхъ, лишенныхъ каменныхъ матеріаловъ крупныхъ размѣровъ; имъ Куанье неоднократно пользовался съ большимъ успѣхомъ при выполненіи

весьма значительныхъ сооружений, именно, при работахъ по отводу водъ въ Ваннѣ и морскихъ сооруженіяхъ въ Портъ-Саидѣ: искусственные камни (массивы), стѣны, маякъ, туннели, мосты и т. д.

Примѣненія. Всѣ примѣненія бетоновъ Куанье было-бы трудно перечислить: они распространяются по всѣмъ отраслямъ строительнаго искусства, заходя даже въ область декоративнаго искусства.

Есть, между прочимъ, одно изъ примѣненій такихъ бетоновъ, которое, по своему двойственному характеру пользы и экономіи, стоитъ совершенно обособленнымъ. Мы говоримъ о такъ называемыхъ *скелетахъ* или *погребальныхъ галлерейхъ*. Эти галлерей изъ бетона Куанье даже при условіяхъ обилія почвенныхъ водъ, представляютъ качества, противъ которыхъ ничего не можетъ возразить самая требовательная гигиена; кромѣ того, онѣ являются источникомъ общественнаго дохода городовъ. Фирма Блатонъ-Оберъ, пользующаяся въ дѣлѣ устройства подобныхъ сооружений заслуженной репутацией, можетъ назвать не одно подземное кладбище, сооруженное по этой системѣ, гдѣ каждый квадратный метръ его площади приносить общественной казнѣ много сотенъ франковъ.

Бетонъ изъ гари. Является удивительнымъ, что въ промышленныхъ центрахъ бетонъ изъ гари не оцѣненъ по достоинству, тогда какъ онъ даетъ возможность выполнять весьма экономично нѣкоторыя каменные сооружения.

Эта система, очень распространенная въ окрестностяхъ Живора и Лиона, привилась, особенно въ послѣднемъ городѣ, послѣ наводненій 1840 года, разрушившихъ тогда столь большое число глинобитныхъ построекъ.

При постройкѣ новыхъ жилыхъ помѣщеній, известъ постепенно вытѣснила глину, а гарь—камни; гарь имѣетъ очень не дорогую стоимость и кромѣ того обладаетъ извѣстными гидравлическими свойствами.

Сортировка гари. Гарь (железная изгарь) есть твердый остатокъ отъ сжиганія каменнаго угля; она имѣетъ видъ вздутой, губчатого строенія массы, иногда же является въ видѣ порошка болѣе или менѣе чистаго, часто очень мелкаго.

Железная изгарь, получаящаяся при очисткѣ колосниковъ въ горнозаводскихъ печахъ, наиболѣе пригодна для фабрикаціи бетона; иногда, также утилизируютъ и обыкновенную золу.

Гарь должна подвергаться сортировкѣ, съ цѣлью удаленія по возможности всѣхъ частицъ угля или кокса и частей очень рыхлыхъ, раздавливаніе которыхъ можетъ повести къ общему разрушенію монолита; словомъ, остаются лишь зола или шлаки болѣе или менѣе остекловавшіеся. Послѣ этой первоначальной

сортировки, приступают ко второй, чтобы оставить только куски, размеромъ отъ 0,02м. до 0,05м. Бóльшого размѣра куски шлака до 0,10м. разбиваются на части, или цѣликомъ вводятся въ фундаменты.

Связующее вещество. Связующимъ веществомъ служитъ жирная известь, гидравлическая известь, или цементъ.

Въ Лионѣ, жирную известь предпочитаютъ гидравлической.

Жирная известь примѣняется для стѣнъ и даетъ очень мелко зернистую облицовку голубоватаго цвѣта и пріятную на видъ; примѣненіе ея допускаетъ приготовленіе заразъ большого количества бетона, не опасаясь начала схватыванія; стоимость ея значительно ниже стоимости гидравлической извести. Хорошо прибавлять къ ней очень мелкую золу, для приданія гидравличности.

Гидравлическая известь примѣняется для фундаментовъ, для сводовъ и для большихъ массивовъ, которые трудно высушить, или которые должны дать быстрое схватываніе; она хороша также при постройкахъ поздней осенью.

Гидравлическая известь и цементъ придаютъ постройкамъ большую прочность; ребра такихъ массивовъ отливаются чище и имѣютъ болѣе законченный видъ.

Фабрикація бетона изъ гари. Гашеная известь, обращенная въ порошокъ, пропускается черезъ сито, съ отверстиями отъ 0,005м. до 0,010м.

Затѣмъ, она смѣшивается *въ сухомъ видѣ* съ гарью (шлакомъ); для этого, насыпается куча шлака, слегка приплюснутая при вершинѣ; въ центрѣ этой кучи дѣлается углубленіе, куда высыпается известь. Послѣ того, вся масса энергично перемѣшивается при помощи грабли или скребка, до тѣхъ поръ, пока не получится вполнѣ однородная смѣсь и весь шлакъ не будетъ облеченъ частицами извести. По окончаніи этой операціи, прибавляютъ воду помощью лейки, снабженной очень мелкимъ ситочкомъ, чтобы только слегка увлажнить всю массу; послѣ этого опять тщательно перемѣшиваютъ послѣднюю. Пропорція воды зависитъ отъ степени сухости шлака; послѣдній можетъ быть болѣе или менѣе влажнымъ, если былъ ранѣе выставленъ подъ дождемъ. Вообще, количество прибавляемой воды должно быть по возможности незначительно: не болѣе того, чѣмъ сколько нужно, чтобы всѣ кусочки шлака были облѣплены тонкой оболочкой тѣстообразной извести. Бетонъ, такимъ способомъ приготовленный, *не долженъ смачивать пальцевъ*; его консистенція должна быть такова, чтобы помятый нѣсколько мгновений въ рукахъ, онъ давалъ бы довольно плотный катышекъ.

Слѣдуетъ замѣтить, что не всегда принимаютъ столько предосторожностей при сортировкѣ гари и фабрикаціи изъ нея

бетона. Два спеціаліста, побудувавши з цього останнього масу споруджень для промислових цехів, Дольфус і Лаланс дають наступне описання робіт.

„Шлаки, в тому виді, в якому вони отримуються з печей, були доставлені на місце робіт, свалені на площадку і перемішані вміст з обыкновенної місцевої (в Мюльгаузені) гашеної (обращеної в порошок) известью, в пропорції однієї частки известь на п'ять часток шлаку. Ця пропорція для будівництва обыкновенних стін була достаточна; однак, для сводів ми відпочитали брати дві частки известь на п'ять часток шлаку. Коли зміс був майже готовий, додавалась вода в такому кількості, щоб маса була тільки вологою. В той же час, на місці будівництва встановлювались дві паралельних одна одній дошки, скріплених між собою траверсами, і відстоящих одна від одної на відстані, відповідному товщині, яку хотіли надати стіні.

„В проміжку між цими дошками заливався бетон тонкими шарами і ретельно і сильно утрамбовувався до відмови; затім, дошки знімалися, траверси піднімалися вище і той же процес повторювався знову. Своди можна було розкружувати, спустивши кілька годин по закінченні. Найважливішою операцією було утрамбовування“.

Стоимость производства. Опытами были установлены следующие данные, относящиеся до кладки зданий из этого рода бетона.

П'ять робітників готували, переносили і утрамбовували 6 куб. метр. бетону в день (матеріали знаходилися на місці будівництва).

Розраховуючи денну плату в 3 фр., 1 куб. метр бетону обходився в 2,50 фр.

Состав бетона. В Лионі, для робітничих будинків, склад бетону обыкновенно такий: 200 кілогр. известь на 1 куб. метр гари.

Заключение. Из этого бетона можно сооружать сараи, мастерские, рабочие дома, фундаменты больших зданий и т. п. и в высшей степени экономично.

На этот счет, читатель найдет в „Annales de la construction“, за март 1888 года, очень интересную статью по сооружению одного дома из бетона на гари в Менильмонтані.

Маленькі сводики из бетона на гари. Гарь, в течение нескольких последних лет, сдѣлалась у бельгійских военных инженеров излюбленным матеріалом для отливки небольших сводиков из бетона. Вот, один из примѣровъ сооружений этого рода:

Маленькі сводики, с пролетом в 0,80м., подъемом в 0,08м.,

толщиной въ замѣ въ 0,06м. и съ горизонтальной наружной поверхностью этихъ сводиковъ, были построены изъ бетона слѣдующаго состава:

4 объема песку.

4 объема тонко-размельченной гари.

1 объемъ цемента.

Размельченная гарь была просѣяна, промыта и освобождена отъ всѣхъ порошкообразныхъ частицъ. Песокъ былъ прекраснаго качества, шероховатый, почти бѣлый.

Составныя части бетона смѣшивались сначала въ сухомъ видѣ, а затѣмъ поступали въ маленькій аппаратъ—смѣшиватель Куанье, приводимый въ движеніе руками. Количество необходимой воды должно было придать смѣси такое состояніе, чтобы, сжатая въ рукѣ, она оставалась комомъ.

Растворъ, по выходѣ изъ смѣшивателя, переносился на кружала и утрамбовывался.

Раскружаливаніе производилось обыкновенно, спустя 24 часа; затѣмъ, въ теченіе нѣсколькихъ дней, своды, во избѣжаніе растрескиванія, поливались водой.

Черезъ недѣлю послѣ раскружаливанія, внутренняя поверхность сводиковъ покрывалась штукатуркой изъ цементнаго раствора, набиваемаго на сводъ лопатками и разглаживаемаго штукатурной кистью.

Нѣкоторые изъ этихъ сводиковъ были, по истеченіи семи дней послѣ раскружаливанія, подвергнуты пробной нагрузкѣ въ 2.000 килогр. на кв. метръ; при этомъ они не обнаружили ни малѣйшихъ слѣдовъ разрушенія; въ виду этого было признано бесполезнымъ подвергать ихъ болѣе значительной нагрузкѣ.

Общій объемъ матеріаловъ, входящихъ въ составъ бетона, вслѣдствіе замѣшиванія уменьшается на 22%; да при трамбованіи тѣсто даетъ уменьшеніе еще почти на $\frac{1}{10}$.

Такимъ образомъ 9 объемовъ составляющихъ бетонъ матеріаловъ даютъ $9 \times 0,78 \times 0,90 = 6,318$ объемовъ утрамбованнаго бетона.

Средняя стоимость 1 кв. метра складывается изъ стоимости:

Работы (фабрикація бетона, установки кружалъ, кладка бетона, трамбованіе и наведеніе штукатурки) . . .	1,191 франк.
Бетона и раствора для штукатурки	0,903 "
Кружалъ	0,600 "
	<hr/>
	2,694 франк.

10% стоимости работы на общій расходъ	0,119 франк
	2,813 франк.
Вознаграждение подрядчику 10%	0,281 „
	3,094 франк.

Итого, круглымъ счетомъ 3,10 фр. за каждый кв. метръ

Цементъ, песокъ и гарь съ доставкой обходятся соотвѣтственно 50 франковъ за тонну, 4,50 франка и 1,60 франка за куб. метръ.

ГЛАВА XI.

Примѣненія.

Поле примѣненій бетона столь обширно, что возможно только перечислить главнѣйшія изъ нихъ, и то лишь въ краткомъ изложеніи. Предоставляемъ читателю самому дополнить нижеслѣдующія свѣдѣнія, далеко не полныя, но по нашему мнѣнію достаточно иллюстрирующія примѣненіе бетоннаго монолита съ экономической и технической стороны.

Фундаменты (устои, быки) мостовъ. Въ дѣлѣ устройства нижнихъ частей сооруженій бетонъ играетъ вообще большую роль, которая становится еще болѣе выдающейся при устройствѣ мостовыхъ фундаментовъ. Дѣйствительно, въ работахъ послѣдняго рода приходится часто считаться съ такими трудностями, которые можно побѣдить или обойти только помощью бетоннаго монолита.

— Въ твердыхъ грунтахъ, для удешевленія сооружения каменныхъ фундаментовъ вообще, иногда вырѣзаются уступы. Однако, этотъ приемъ можетъ представлять извѣстную опасность, такъ какъ неравномѣрное распредѣленіе нагрузки въ сооруженіи можетъ повести къ неравномѣрному осѣданіямъ его частей. Бетонъ же, благодаря своей несжимаемости, устраняетъ послѣднее неудобство.

— Далѣе, сооруженіе обыкновенныхъ каменныхъ фундаментовъ подъ водой почти всегда требуетъ постройки водонепроницаемыхъ перемычекъ, связанныхъ съ болѣе или менѣе значительнымъ водоотливомъ.

При работахъ съ бетономъ, въ этомъ случаѣ достаточно самой обыкновенной перемычки, сваи и обшивка которой не требуютъ плотной сбивки, такъ какъ водоотливныхъ работъ нѣтъ необходимости производить: бетонъ заливается прямо въ воду на дно, предварительно хорошо очищенное драгировкой. Перемычка играетъ въ данномъ случаѣ лишь роль формы, предназначаемой для огражденія бетона до его затвердѣванія. Вся система, какъ и въ обыкновенныхъ случаяхъ, укрѣпляется снаружи каменной отсыпью во избѣжаніе подмыва сооруженія.

Значительное число мостовъ выстроено по этой системѣ.

— Быстрота теченія служитъ причиной, вызывающей подмывы

фундаментовъ: послѣдняя опасность постоянно угрожаетъ, если имѣемъ дѣло съ быстрымъ потокомъ.

Вплоть до половины XVIII столѣтія, съ этой опасностью боролись тѣмъ, что устраивали на днѣ рѣки постель изъ накидного камня. Однако, это средство не всегда оказывалось дѣйствительнымъ, и, кромѣ того, въ силу повышенія уровня дна, создавало препятствія для навигаціи. Нынѣ подъ отверстиями мостовъ устраиваютъ общій каменный флутбетъ; послѣдній укрѣпляется еще переднимъ флутбетомъ или заднимъ, а иногда и обоими заразъ. Сооруженіе ихъ, при употребленіи въ дѣло бетона, весьма просто: они прямо отливаются на драгированномъ мѣстѣ дна, безъ всякихъ водоотливныхъ работъ. Шпунтовый рядъ свай имѣетъ только то назначеніе, что защищаетъ отъ подмыва самый флутбетъ, умѣряя быстроту теченія воды.

Такъ былъ сооруженъ мостъ въ *Melisey* на рѣкѣ Оньонъ (*Haute-Saône*) въ 1820 году. Мостъ *de l'Ain*, на линіи Ліонъ-Женева, опирается на флутбетъ изъ монолита, размѣромъ 180,00м. \times 9,10м. \times 0,80м. и т. д.

Віадукъ въ *Дюрансъ*, на Средиземной линіи, состоящій изъ 21 арки, съ пролетомъ въ 20,00м., покоится на общемъ флутбетѣ въ 20,25м. ширины и 1,50м. толщины, защищенномъ сверху и снизу рѣки ограждающими стѣнками. Характеръ рѣки благопріятствовалъ этому массивному сооруженію. Средній расходъ воды, при мелководьи составлявшій 50 куб. метровъ, возрасталъ, при половодѣ, до 6.000 куб. метровъ въ секунду. Природа русла и обиліе валуновъ препятствовали вбиванію свай; поэтому, бетонъ заливался прямо между щитами. Драгировка основанія флутбета была очень затруднительна, такъ какъ черпаки часто ломались, а очищенное дно снова быстро засыпалось при половодьи, такъ что приходилось начинать снова очистку.

Бетонъ, объемъ котораго достигъ 30.000 куб. м., фабриковался помощью вертикальной, призматической бетоньерки, а погружался помощью полуцилиндрическихъ ящиковъ изъ листового желѣза, 0,450 куб. м. емкостью. При сооруженіи віадука, по всей его длинѣ были построены два вспомогательныхъ параллельныхъ моста.

— Если драгировкой нельзя достигнуть материка (твердаго грунта), то тогда въ дно углубленія вбиваютъ рядъ свай, между которыми разрыхленная земля поднимается на нѣкоторую высоту. Лучшимъ же заполняющимъ матеріаломъ пустотъ, образуемыхъ между сваями, является бетонъ: такое заполненіе сверхъ того придаетъ полную окаменѣлость сваямъ. Примѣромъ могутъ служить мосты на линіи Берлинъ-Штетинъ, въ долинѣ рѣки *Одера* и друг.

Равнымъ образомъ съ успѣхомъ отказываются отъ устройства деревяннаго ростверка на сваяхъ, предпочитая прямо заливать между ними толстый слой бетона, который и окружаетъ собой

верхніе концы такихъ свай. Послѣдній пріемъ, независимо отъ своей экономичности, позволяетъ еще ручаться съ большею увѣренностью за достаточную связность такого основанія съ верхними частями сооруженія.

— Иногда природа дна препятствуетъ возведенію на немъ перемычекъ.

До открытія примѣненія сжатого воздуха, для работъ подъ водой въ такомъ случаѣ употреблялись *понтонны* (ящики съ дномъ, открытые сверху) и *опускные бездонные ящики*. Обѣ эти системы были извѣстны еще римлянамъ; первая система была возобновлена лишь около 1750 года, ко второй же системѣ возвратились еще позже. При примѣненіи понтоновъ, пользованіе бетономъ не могло ярко выставить цѣнныхъ качествъ послѣдняго; однако, въ тѣхъ случаяхъ, когда выравниваніе естественнаго дна драгировкой не представлялось возможнымъ, приходилось прибѣгать къ бездоннымъ ящикамъ, и тутъ то проявились полезныя качества бетона.

Этотъ пріемъ былъ примѣненъ инженеромъ Вика на устояхъ моста *Сульжъ* на Дордоньи. Дно представляло собою скалу, испещренную трещинами, и такимъ образомъ возможность сооруженія перемычки была исключена. Вика *въ видѣ опыта* примѣнилъ для работы бездонные ящики, въ которые заливался бетонъ. Размѣръ каждаго изъ мостовыхъ быковъ равнялся 15,00м.×6,20м.×4,00м.

Такъ какъ дѣло шло объ опытѣ, то означенные устои были подвергнуты, въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ, значительнымъ пробнымъ нагрузкамъ. Всѣ устои, за исключеніемъ одного, который разломился на двое, выдержали эти испытанія; разломъ же указаннаго единственнаго устоя былъ вызванъ не недостатками бетонной кладки, а размытіемъ дна подъ этимъ устоемъ. Обѣ части, на которыя быкъ раскололся, были снова сшиты заливкой бетона въ стыкъ, и скрѣпленіемъ ихъ желѣзнымъ поясомъ, съ квадратнымъ поперечнымъ сѣченіемъ (въ 6 сант. по сторонѣ квадрата).

— Иногда бетонные фундаменты опираются на *винтовые сваи* по системѣ Mitchell'я, изобрѣтенной въ 1838 г.

Построенный въ 1878 году *Вунейльскій* мостъ, имѣетъ своимъ основаніемъ сваи съ винтовой поверхностью, погруженные вплоть до уровня низкой воды въ бетонные массивы.

— *Трубчатые* фундаменты, заимствованные Европой отъ Индіи, гдѣ они примѣнялись, начиная съ глубокой древности, находятъ для себя въ бетонѣ самый лучший заполняющій матеріалъ.

Формы для такихъ фундаментовъ (трубы или опускные колодцы) дѣлаются изъ листового желѣза, изъ обычной кирпичной кладки, или иногда составляются изъ колецъ, отлитыхъ изъ бетона.

Мосты въ *Бордо* въ 1860 году, въ *Аржантейль* въ 1863 г., въ *Кельн* и многих другихъ городахъ имѣютъ основаніями металлическія формы, залитыя внутри бетономъ.

— Не имѣя возможности подробно описывать приемы, принимаемые при опусканіи этихъ формъ, мы ограничимся замѣчаніемъ, что, при почвѣ илистой, покрытой водой, иногда прибѣгаютъ къ опусканію трубъ, производя внутри ихъ пустоту; получается такимъ образомъ аспираторъ, благодаря которому илъ подымается до верхняго края трубъ. Этимъ приемомъ воспользовался Поттъ въ 1847 году, при сооруженіи *виадука въ Англезіи*.

Такъ какъ для описаннаго способа трубы не должны имѣть въ діаметрѣ болѣе 0,35м.—0,40м., то заполняющимъ ихъ матеріаломъ, образующимъ внутренній массивъ, могутъ быть лишь матеріалы небольшихъ размѣровъ.

— Въ 1845 году, Triger напалъ на мысль сжимать воздухъ внутри трубъ; свое изобрѣтеніе онъ примѣнилъ въ каменноугольныхъ копяхъ близъ Шалонна, съ цѣлью пониженія уровня подпочвенныхъ водъ, встрѣчавшихся при проведеніи рабочихъ шахтъ. Въ Англіи Кюбиттъ впервые приложилъ его идею къ устройству устоевъ *Рочестерскаго моста*.

Описанный приемъ подвергся съ тѣхъ поръ многочисленнымъ послѣдовательнымъ улучшеніямъ и въ наше время сдѣлался универсальнымъ, будучи извѣстенъ подъ именемъ способа *съ сжатымъ воздухомъ*; онъ получилъ примѣненіе въ различнаго рода сооруженіяхъ: мостахъ, молахъ, набережныхъ, шахтахъ и т. п.

По производствѣ выемки земли до требуемой глубины, рабочая камера должна быть заполнена каменной кладкой. Эта послѣдняя операція требуетъ большой тщательности, для выполненія которой бетонъ всегда представляетъ наибольшую гарантію. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, были сдѣланы попытки замѣнить монолитъ обыкновенной каменной кладкой, но результаты оказались неблагоприятными, такъ какъ постройка изъ камня большихъ размѣровъ не допускаетъ набивки угловъ и устройства выемокъ для металлических каркасовъ; кромѣ того, для работъ особой важности, бетонъ имѣетъ еще и то преимущество, что при пользованіи имъ обеспечивается быстрый ходъ работы сооруженія.

Наконецъ, придумали средство для сокращенія металла какъ строительнаго матеріала, при сооруженіи рабочихъ камеръ. Стали соединять въ этомъ случаѣ желѣзо съ обыкновенной каменной кладкой и бетономъ; сдѣланы даже попытки устройства кессоновъ исключительно монолитныхъ (*Ливорно*).

— Нѣкоторыми специалистами сдѣланы попытки расширить предѣлы примѣненія бетона, причемъ ими предлагается нагнетать цементъ въ видѣ порошка или полужидкаго раствора, чтобы такимъ образомъ получить бетонъ на мѣстѣ сооруженія.

Укажемъ, какъ на любопытный примѣръ подобныхъ работъ, на систему Нейкирха. Этотъ инженеръ заставляетъ твердѣть слой песку или гравія, покрытые водой, нагнетая въ нихъ цементный порошокъ подъ сильнымъ давленіемъ. Аппаратъ, состоящій изъ желѣзной трубы, дно которой оканчивается полымъ заостреннымъ наконечникомъ; усѣяннымъ по поверхности отверстіями, втыкается въ поверхность, подлежащую обработкѣ, черезъ каждые 0,30м. Воткнувши трубу до желаемой глубины въ песокъ, вводятъ въ этотъ песокъ подъ сильнымъ давленіемъ цементъ, который и заполняетъ пустоты между частицами его; трубу при этомъ медленно поднимаютъ къверху: этотъ приемъ работы обуславливаетъ собою надлежащее смѣшеніе матеріаловъ.

Фундаменты вообще. Когда слой грунта съ надежнымъ сопротивленіемъ (материкъ) лежитъ на значительной глубинѣ, то для достиженія его обыкновенно роются колодцы, заполненіе которыхъ дѣлается предпочтительно изъ бетона. Затѣмъ такіе колодцы смыкаются сверху полуциркульными сводами. *Водохранилища улицы de la Vieille Estrapade въ Парижѣ* были устроены по этой методѣ; высота столбовъ колебалась между 12,00м. и 15,00м.; ширина ихъ достигала 2,00м.

— Въ случаѣ насыпного или ползучаго грунта, вмѣсто отдѣльныхъ столбовъ отливается сплошной фундаментъ, простирающійся подо всѣмъ сооруженіемъ.

Эта, весьма экономичная, система, обезпечивающая при надлежащемъ составѣ бетона безусловную прочность сооруженія, пользуется значительно широкимъ примѣненіемъ въ мѣстностяхъ съ ползучими песками, какъ, напримѣръ, въ *Брюсселѣ*. La Colonie du Congrès, почтамтъ, электрическій заводъ и масса частныхъ построекъ въ этомъ городѣ покоятся на бетонныхъ фундаментахъ.

— Въ Германіи и Австріи, гдѣ широко пользуются бетономъ въ качествѣ матеріала для фундаментовъ, въ массивы, для экономіи, вводятъ крѣпкій ломовой камень..

На первый слой бетона, толщиной отъ 0,30м. до 0,40м., кладутъ слой изъ камня (со швами отъ 0,05м. до 0,08м.) тщательно промытого, политого водой и въ кускахъ такихъ размѣровъ, что каждый изъ нихъ составляетъ собой полную нагрузку тачки. Сверху камни заливаются бетономъ такъ, чтобы имъ были заполнены всѣ швы между отдѣльными камнями и тѣсто покрыло бы ихъ сверху, по крайней мѣрѣ на 0,08м.—0,10м.. Затѣмъ накладывается слѣдующій слой камня, заливается бетономъ и т. д.

— Осѣдающіе грунты иногда бываютъ изрѣзаны трещинами, которыя принято засыпать пескомъ. Забивка послѣднихъ бетономъ представляетъ болѣе дѣйствительное средство, однако стоитъ нѣсколько дороже.

— Иногда фундаменты возводятся на песчаных слоях; такие слои часто съ боковъ ограждаются деревянными или каменными стѣнками. Въ случаѣ, если имѣются данныя опасаться просачиванія воды, такіе песчаные слои должны быть ограждены со дна и съ боковъ бетонной формой. Такая система представляетъ изъ себя фундаментъ, въ которомъ часть бетона замѣщена болѣе дешевымъ матеріаломъ—пескомъ.

Заключение.—Бетонъ долженъ занимать, во всѣхъ системахъ фундаментовъ, первое мѣсто въ ряду каменныхъ строительныхъ матеріаловъ и нужно только удивляться, что онъ до сихъ поръ должнымъ образомъ не утилизируется при возведеніи всѣхъ родовъ сооружений безразлично. Пользованіе имъ, въ большинствѣ случаевъ, вызываетъ экономію при постройкѣ, равняющуюся въ среднемъ 25% и могущую повыситься, сообразно мѣстнымъ условіямъ, до 40%.

Фундаменты изъ желѣзо-бетона. Въ Америкѣ, строятся зданія громадной высоты; дома нерѣдко имѣютъ около двадцати этажей. Въ случаѣ ненадежности почвы, американскіе строители подводятъ подъ столь громадныя сооруженія и соотвѣтствующіе фундаменты, прибѣгая къ сочетаніямъ бетона съ желѣзомъ.

А. Стевартъ, профессоръ Люттихскаго университета, изучалъ на мѣстѣ системы такихъ фундаментовъ *). Онъ пишетъ по этому поводу:

„Въ Чикаго подобныя сооруженія требуютъ, въ силу природныхъ свойствъ грунта, совершенно особыхъ пріемовъ кладки фундаментовъ. Въ Нью-Йоркѣ и Филадельфіи, гдѣ грунтъ каменистый, не представлялось никакихъ затрудненій при устройствѣ фундаментовъ громадныхъ зданій. Въ Чикаго же грунтъ на глубину 60—80 метровъ состоитъ изъ глины, пересѣкаемой пластами гравія, содержащаго въ изобиліи воду или плавучіе пески.

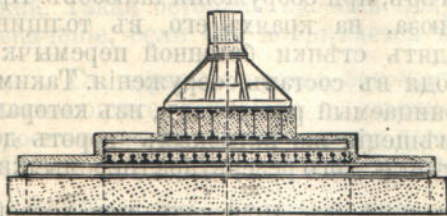
„Первоначально, здѣсь прибѣгали къ обычной забивкѣ свай; однако, зданія, построенныя на свайныхъ основаніяхъ, уже черезъ нѣсколько лѣтъ давали осадку и обнаруживали значительныя поврежденія.

„Поэтому, явилось необходимымъ дать капитальнымъ стѣнамъ и опорнымъ столбамъ очень солидный опорный базисъ, такъ какъ упомянутая глинистая почва оказалась не въ состояніи безопасно выносить нагрузку болѣе 1½ — 2 килограммовъ на 1 кв. сантиметръ.

„Однако подобные фундаменты, съ очень широкимъ основаніемъ, на которые предназначены лечь колонны, несущія на

*) «Les Constructions urbaines aux Etats-Unis», par A. Stevart. Эта интересная работа помѣщена въ «l'Annuaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège», 5 серія, томъ V, 1892 годъ.

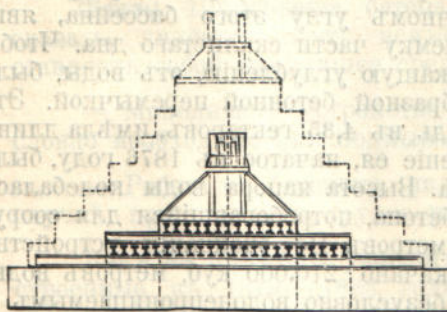
себѣ десять, пятнадцать и двадцать этажей, занимаютъ очень громадный объемъ; ихъ послѣдовательные ряды кладки, выступая одинъ надъ другимъ, загромождали бы собой пространство предназначенное для подвальныхъ этажей, столь необходимыхъ въ подобныхъ сооруженияхъ, чтобы помѣстить въ нихъ машины и паровые котлы.



Фиг. 74.

„Фигура 74 показываетъ, какимъ образомъ на первый слой бетона кладется сплошной рядъ рельсовъ, погруженныхъ въ цементъ и покрытыхъ накрестъ вторымъ и третьимъ рядами рельсовъ, размеры которыхъ постепенно уменьшаются, по мѣрѣ приближенія рядовъ къ основанію металлической колонны.

„Часто послѣдній рядъ образуется изъ тяжелыхъ и высокихъ стальныхъ балокъ, вѣсомъ до 150 килогр. на погонный метръ.



Фиг. 75.

„Пунктирный профиль, на фиг. 75, принадлежитъ каменному фундаменту съ сопротивленіемъ, равнымъ сопротивленію описаннаго металлическаго фундамента. Изъ чертежа видно ясно, на сколько меньше объемъ, занимаемый металлическимъ фундаментомъ, въ сравненіи съ каменнымъ.

„Кромѣ указанной выгоды, разбираемая система представляетъ еще много другихъ преимуществъ, которыя заключаются: въ экономіи расходовъ по сооруженію, въ сокращеніи времени постройки и уменьшеніи величины нагрузки на единицу площади основанія; послѣднее уменьшеніе иногда бываетъ столь значительнымъ, что позволяеть, въ нѣкоторыхъ постройкахъ, возведеніе лишняго этажа на томъ же самомъ основаніи“.

Перемычки. Толщина бетонныхъ перемычекъ, въ сравненіи съ земляными, можетъ быть значительно уменьшена; однако, стои-

мость перемычки, при такой замѣнѣ, увеличивается, и кромѣ того, бетонную перемычку трудно разбирать.

— Устройство перемычекъ изъ бетона рекомендуется въ тѣхъ случаяхъ, когда временная запруда предназначена составить въ послѣдствіи нераздѣльную часть возводимого сооруженія.

Это имѣетъ мѣсто, напримѣръ, при сооруженіи шлюзовъ. При отливкѣ полового настила шлюза, на краяхъ его, въ толщину стѣнъ шлюзной камеры, выводятъ стѣнки бетонной перемычки, которая затѣмъ и остается, входя въ составъ сооруженія. Такимъ образомъ, получается водонепроницаемый резервуаръ, изъ котораго легко выкачать воду; для помѣщенія же шлюзныхъ воротъ достаточно пробить двѣ крайнія стѣнки этого резервуара (перемычки).

Мари прибѣгъ къ этой системѣ въ 1826 году, при устройствѣ шлюза *Фроасси* на *Соммѣ*.

— Тотъ же приемъ употребляется при мостовыхъ сооруженіяхъ, когда возведеніе мостовыхъ быковъ совершается еще подъ чертой низкаго уровня воды. Въ такихъ случаяхъ, бетонъ образуетъ перемычку на мостовомъ быкѣ. Такъ устроенъ желѣзнодорожный мостъ, на линіи *Роморантинъ-Блу* черезъ *Луару* и др.

— Въ 1887 году, при сооруженіи новой плотины въ *Мармѣ*, бетонъ заливался вдоль шпунтовыхъ рядовъ свай для образованія перемычки.

— Въ подобномъ же родѣ, было сдѣлано интересное примѣненіе монолита въ *Марселѣ*, при работахъ по завершенію устройства *Bassin National*. Въ юго-восточномъ углу этого бассейна, явилось необходимымъ сдѣлать выемку части скалистаго дна. Чтобы обнажить эту часть дна, подлежащую углубленію, отъ воды, было рѣшено окружить ее кольцеобразной бетонной перемычкой. Эта перемычка, обнимающая площадь въ 4,35 гектаровъ, имѣла длину по периферіи 1069,44м. Сооруженіе ея, начатое въ 1876 году, было закончено въ октябрѣ 1879 года. Высота напора воды колебалась между 7,40м. и 7,80м. Объемъ бетона, потребовавшійся для сооруженія ея, достигъ 37.500 куб. метровъ. По окончаніи устройства перемычки, изъ нея было выкачано 210.000 куб. метровъ воды, причемъ сооруженіе оказалось безусловно водонепроницаемымъ и хорошо связаннымъ съ грунтомъ; на днѣ ея не оказалось никакихъ ключей и внутреннее пространство оставалось все время сухимъ.

Бетонъ содержалъ 0,89 щебня на 0,59 раствора; послѣдній имѣлъ составъ: 1,07м. песку на 400 килограммовъ извести.

Подобная система очевидно обходится дорого, но она имѣетъ большія преимущества для сооруженій значительной важности, такъ какъ не только уменьшаетъ расходы по водоотливу, но, кромѣ того, устраняетъ всякія опасныя случайности, связанныя съ другими системами такихъ работъ.

Плотины. Благодаря своей непроницаемости, бетонъ играетъ важную роль почти во всѣхъ системахъ плотинъ.

Дѣйствительно, въ случаѣ земляныхъ или обыкновенныхъ каменныхъ плотинъ, необходимо, для водонепроницаемости, покрывать такія плотины, хотя бы только у ихъ основанія, со стороны, сдерживающей напоръ воды, бетоннымъ слоемъ или набойкой. Такая бетонная набойка получаетъ еще болѣе существенное значеніе, если она поднимается выше. (*Плотина на Рио-Суза*).

Съ другой стороны, бетономъ пользуются и въ качествѣ заполняющаго матеріала внутренней части плотинъ. Плотина, устроенная въ послѣднее время на оросительномъ каналѣ въ *Жиньяктъ* (Hérault), представляетъ примѣръ подобнаго устройства.

Наконецъ, бетонъ можетъ служить единственнымъ матеріаломъ для сооруженія всей плотины.

Ж. Риттеромъ, въ 1871—1872 году, произведены въ *Фрибургъ на р. Саринъ* крупныя гидротехническія сооруженія изъ бетона. На этой рѣкѣ, съ расходомъ воды, колеблющимся отъ 20 куб. метр. до 1.200 куб. метр. въ секунду, имъ была воздвигнута монолитная плотина, длиной въ 200 метровъ, затребовавшая для своего сооруженія 30.000 куб. метровъ бетона. Шестнадцать лѣтъ спустя, тотъ же строитель писалъ, что это сооруженіе до сихъ поръ удивительно выдерживаетъ напоръ воды, поднимающейся часто на 12м. выше ординара. Высота этой плотины, считая отъ основанія, достигаетъ почти 23м.

Шлюзы. Примѣненіе бетона для устройства шлюзовъ, можно сказать, является почти неизбѣжнымъ, такъ какъ онъ представляетъ собой наилучшее средство противъ просачиванія воды.

— Монолитное устройство полового настила шлюза безусловно необходимо при подмываемомъ днѣ.

— Работа съ бетономъ является также неизбѣжной въ этомъ случаѣ при грунтахъ, трудно или совсѣмъ невычерпываемыхъ.

Какъ на примѣръ, укажемъ на *новые шлюзы въ Буживалѣ*, построенные въ 1879—1883 годахъ. „Они расположены, пишетъ Жозанъ, на пескахъ и гравіи, лежащихъ въ свою очередь на мѣловыхъ породахъ; почва была изборождена ключами, пробивающимися со дна, такъ что положительно нельзя было прибѣгнуть къ водоотливу, возводя обыкновенныя перемычки, какъ это было проектировано въ началѣ“.

Въ виду этого, необходимо было эти шлюзы основать на фундаментѣ; послѣдній устраивали, заливая бетонъ въ пространство, огороженное шпунтовыми рядами свай, дно котораго предварительно очищали драгировкой.

Этотъ общій фундаментъ, возведенный до 7,50м. ниже уровня

подпрудной воды, имѣть толщину 4,50м. подъ верхними камерами шлюзовъ и 3,50м. подъ шлюзнымъ спускомъ. Такіе размѣры толщины фундамента были необходимы для уравнированія давленія снизу во время водоотлива, необходимаго при устройствѣ стѣнокъ шлюза.

На устройство фундамента пошло 30.000 куб. метровъ бетона. Въ періоды наиболѣе напряженной работы, вырабатывалось въ день до 300 куб. метровъ бетона.

— Въ шлюзахъ, построенныхъ на свайномъ ростверкѣ, всегда необходимо, между обыкновеннымъ каменнымъ настиломъ и деревомъ, помѣщать слой бетона, иначе дерево откроетъ путь для прониканія воды.

— Мы уже говорили о роли бетона при устройствѣ шлюзовъ въ статьѣ „перемычки“.

— Sganziu писалъ: „шлюзы могутъ быть цѣликомъ сооружаемы изъ бетона. Тесовый камень необходимъ только для кладки верхнихъ частей ихъ стѣнокъ; строго-же говоря, и въ этомъ послѣднемъ случаѣ камень можетъ быть замѣненъ желѣзомъ и деревомъ“.

Въ Англіи и Америкѣ, имѣется много примѣровъ устройства шлюзовъ изъ бетона.

Укажемъ здѣсь на мнѣніе американскихъ инженеровъ: они рѣшительно рекомендовали примѣненіе бетона для сооруженія семи большихъ шлюзовъ и громаднхъ плотинъ, потребовавшихся при прорытіи *междукоеанскаго канала черезъ озеро Никарагуа*.

Общая гидротехническая сооруженія. Всѣ эти сооруженія, будь то рѣчныя или морскія, могутъ быть съ выгодой исполнены при полномъ или неполномъ участіи бетона.

Разумѣется, для частей сооруженія, подверженныхъ сильной нагрузкѣ и изнашиванію какъ то: угловъ, реберъ, карнизовъ и т. п., слѣдуетъ оставить камень.

Обращаясь къ лѣтописямъ гидротехническихъ сооружений, мы найдемъ цѣлый рядъ стѣнъ набережныхъ, флютбетовъ, фарватеровъ судоходныхъ рѣкъ, спускныхъ шлюзовъ, трубчатыхъ мостовъ и тому подобныхъ сооружений, исполненныхъ исключительно изъ бетона.

Бетонъ, въ работахъ подобнаго рода, смотря по обстоятельствамъ, можетъ примѣняться въ дѣло или въ осушенномъ отъ воды пространствѣ, или литьемъ подъ водой, или будучи заключенъ въ мѣшки, или же, наконецъ, подъ видомъ искусственныхъ массивовъ, приготовленныхъ на берегу.

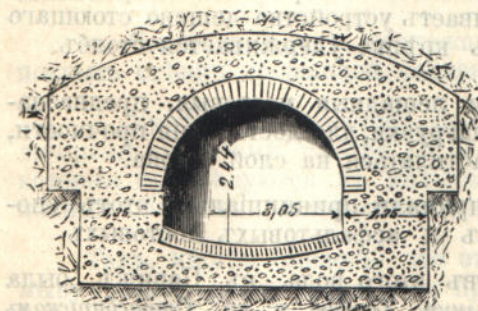
Мы не можемъ здѣсь вдаваться въ разсмотрѣніе этихъ спе-

ціальныхъ вопросовъ, которое отвлекло бы насъ отъ нашего предмета, тѣмъ не менѣе позволимъ себѣ обратить вниманіе читателя на интересный споръ, касающійся вопроса, что предпочтительнѣе: употреблять ли бетонъ, при сооруженіи стѣнъ набережныхъ, непосредственно въ дѣло, или же слѣдуетъ вести работу съ заранее приготовляемыми искусственными массивами (см. „Annales de la Construction“ за 1889 годъ).

Укажемъ также на способъ устройства фундаментовъ, примѣненный недавно въ Калѣ, изъ искусственныхъ массивовъ, опускаемыхъ помощью инъекціи воды.

Канализація разнаго рода.—*Сточные трубы.* Сточные трубы изъ бетона не имѣютъ швовъ; обѣ ихъ поверхности, внутренняя и внѣшняя, одинаково гладкія; онѣ не испытываютъ ни усадки, ни осѣданій и обладаютъ водонепроницаемостью. Спустя три дня по ихъ изготовленіи, онѣ сопротивляются лучше, чѣмъ кирпичныя; черезъ нѣсколько недѣль сопротивленіе ихъ достигаетъ крѣпости камня.

Стоимость бетонныхъ трубъ значительно ниже стоимости трубъ изъ обыкновенной каменной кладки; кромѣ того, онѣ допускаютъ значительно меньшую толщину стѣнокъ.



Фиг. 76.

Акведуки. Бетонъ пользуется широкимъ распространеніемъ, при желѣзнодорожныхъ сооруженіяхъ. Въ Англіи, пользуются имъ широко, при устройствѣ акведуковъ, съ діаметромъ отверстія небольшой величины. Фиг. 76 показываетъ типъ часто примѣняемаго устройства такого рода въ ненадежномъ грунтѣ.

Большіе сифоны. Сооруженіе сифоновъ помощью обычной каменной кладки обходится очень дорого и часто не бываетъ застраховано отъ разныхъ вредныхъ и непредвидѣнныхъ случайностей. Дѣйствительно, для приданія сводамъ вѣса и значительности сопротивленія, приходится пользоваться тесовымъ камнемъ; однако, швы современемъ расходятся и сводовые камни получаютъ стремленіе подыматься отдѣльно. Поэтому, приходится стягивать сводъ желѣзными связями, прикрѣпленными къ опорнымъ стѣнкамъ свода и опускающимися даже подъ половию настилъ. Бетонъ устраняетъ всѣ эти неудобства: бетонныя трубы сопротивляются, какъ чугунныя, и, какъ металлъ, онѣ водонепроницаемы.

Водопроводныя трубы. Водопроводныя трубы изъ бетона не подвергаются окисленію; онѣ не требуютъ ремонта.

Для низкихъ давленій, онѣ являются часто болѣе экономичными, чѣмъ чугунныя трубы. Вообще же вопросъ, о рѣшеніи за или противъ нихъ, зависитъ отъ мѣстныхъ условий.

Города Бернъ, Бельфоръ, Кольмаръ, Лиможъ, Анноней, Отенъ, Монтелимаръ, Вевей, Валансъ, Сень-Діе и др. обладаютъ канализаціей этого рода; давленіе въ трубахъ достигаетъ $3\frac{1}{2}$ атмосферъ.

Электрическая канализація. Бетонъ служитъ для защиты электрической прокладки (кабелей) отъ дѣйствія влажности.

Такъ, съ этой цѣлью желѣзныя трубы, покрытыя асфальтомъ и свинченныя между собою, погружаются въ бетонное ложе. Въ другихъ случаяхъ, канализація устраивается изъ бетонныхъ трубъ, съ сѣченіемъ прямоугольнымъ, круговымъ или эллиптическимъ, помѣщаемыхъ подъ троттуарами.

Въ настоящее время, указанные приемы начинаютъ оставляться; техника нынѣ значительно упростила способы прокладки электрической сѣти, погружая кабели прямо въ слой песка, утрамбовываемого въ канавѣ.

Прибавимъ еще, что бетонъ оказываетъ хорошія услуги при установкѣ столбовъ для воздушныхъ электрическихъ проводовъ: именно, примѣненіе его обезпечиваетъ устройство дешево стоящаго и прочнаго базиса, въ которомъ крѣпко удерживается столбъ.

Мостовыя. Обыкновенныя и лещадныя мостовыя, предназначенныя выдерживать большія нагрузки, для достиженія прочности, могутъ съ большою выгодой настилаться на слой бетона.

— Англійскіе инженеры приняли принципиально этотъ способъ, какъ для каменныхъ, такъ и асфальтовыхъ мостовыхъ.

Первая попытка устройствъ этого рода, въ Парижѣ, была сдѣлана въ 1884 году, въ *улицѣ Тронше и на Страсбургскомъ бульварѣ*.

Настилкѣ подобныхъ мостовыхъ ставятъ въ упрекъ, что камни ея являются какъ бы находящимися между молотомъ и наковальнею, и потому, если экипажи ѣдутъ съ достаточной скоростью, то происходитъ оглушительный шумъ. Въ виду этого, рекомендуется не погружать края камней въ свѣжеотлитый бетонъ прямо, а помѣщать между настилкой и бетоннымъ слоемъ промежуточный слой песка.

Очевидно, этотъ способъ сооруженія очень дорогъ; однако, слѣдуетъ принять въ расчетъ, что онъ въ значительной степени сокращаетъ расходы по содержанію въ исправности мостовой; кромѣ того, этотъ способъ весьма пригоденъ для дорогъ, по которымъ происходитъ частая ѣзда, или движеніе повозокъ, значительно нагруженныхъ.

Все, сказанное выше, относится и къ деревяннымъ торцовымъ мостовымъ.

Прибавимъ еще, что въ Англіи всѣ линіи трамваевъ лежатъ на бетонѣ.

Barabant, главный инженеръ службы парижскихъ общественныхъ дорогъ, далъ по этому вопросу много указаній, которыя заслуживаютъ быть принятыми во вниманіе.

Укрѣпленіе грунтовъ. Бетонъ иногда служитъ для ассенизаціи почвы и укрѣпленія слабыхъ грунтовъ.

— На *Корсикѣ*, черезъ потокъ въ Fium'Alto, переброшена арка, съ пролетомъ въ 40м. Устои ея покоятся на сланцевой породѣ, изрѣзанной многочисленными трещинами. Характеръ грунта внушалъ серьезныя опасенія, и почва была поэтому ассенизирована и укрѣплена энергичной бетонной набивкой, заполнившей всѣ мелкія трещины.

— Во время сооруженія *плотины въ Фюрансѣ* (въ Gouffre d'Enfer), замѣтили, что скала, служившая основаніемъ сооруженія, была покрыта трещинами; эти трещины были заполнены бетономъ, составленнымъ изъ равныхъ частей песку и цемента Васси.

— Часто въ почвѣ, подлежащей осушенію, бываетъ полезно покрыть стѣнки дренажной канавки тонкимъ слоемъ бетона.

— Укрѣпленіе грунтовъ помощью бетона производится различными способами, смотря по обстоятельствамъ и тѣмъ цѣлямъ, которыя преслѣдуются въ каждомъ частномъ случаѣ. Дѣлаютъ полныя облицовки, плакировки и т. д.

Такъ, иногда бываетъ, что откосъ насыпи подвергается размыву водой—рѣки, озера, или пруда, и, слѣдовательно, грозитъ осыпаться. Чтобы помѣшать этому размыву, часть откоса, погруженная въ воду, покрывается бетоннымъ слоемъ, или же послѣдній замѣняется подпорной стѣнкой изъ монолита; этотъ приемъ, въ отношеніи стоимости, разумѣется слишкомъ обременителенъ, особенно, если въ немъ нѣтъ особенной надобности.

Исправленіе поврежденій (ремонтъ). При передѣлкахъ, бетонъ является наиболѣе дѣйствительнымъ вспомогательнымъ средствомъ.

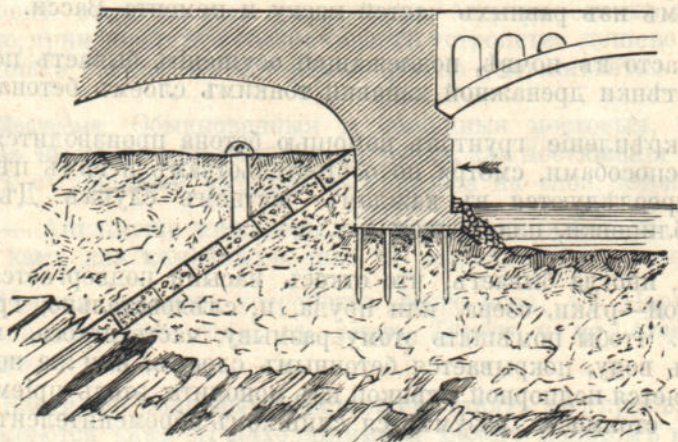
Онъ свободно принимаетъ любую форму, заполняетъ всѣ пустоты, обезпечиваетъ безукоризненную ихъ забивку и тѣсное сцѣпленіе съ прежде сооруженными частями постройки. Кромѣ того, часто, въ силу ограниченности свободного пространства, бываетъ затруднительно работать съ большими массами, тяжелыми и громоздкими камнями тамъ, гдѣ оперированіе съ малыми количествами бетона не встрѣтитъ никакихъ затрудненій.

— Ремонтъ часто выполняется помощью колодцевъ, забиваемых бетономъ. (*Агрономическій институтъ въ Парижѣ*).

— Работы по ремонту *городского отеля (Yarmouth)* представляютъ для специалистовъ одинъ изъ лучшихъ примѣровъ: главнымъ средствомъ ремонта явился бетонъ.

— Въ водѣ, исправленіе поврежденій подчасъ бываетъ весьма трудно выполнимо, такъ какъ растворъ уносится теченіемъ. Это неудобство устраняется при употребленіи бетона, заключеннаго въ мѣшки, которые водолазъ вводитъ въ поврежденныя части сооруженія; какъ показалъ опытъ, при этомъ не наблюдается чувствительнаго размыванія, даже при сильномъ теченіи воды. Такимъ способомъ было остановлено разрушеніе *моста въ Жуаньи въ 1887 году*.

Бетонъ, помѣщенный въ мѣшки, хорошо заполняетъ собой всѣ извилины пустотъ. Правда, мѣшки не даютъ непосредственнаго сцѣпленія другъ съ другомъ, но они на столько сливаются между собою, что образуютъ, по затвердѣваніи въ нихъ бетона, какъ бы родъ сухой каменной кладки съ неизмѣримо тонкими швами.



Фиг. 77.

Строителю могутъ часто встрѣчаться случаи, гдѣ этотъ послѣдній способъ можетъ оказать большую услугу.

— Въ Америкѣ, инженеромъ Андерсономъ произведены значительныя работы по укрѣпленію *западнаго устоя моста въ Честнутъ-Стриттѣ*.

Эти работы представляютъ особый интересъ, такъ какъ на нихъ осуществлено новое примѣненіе сжатого воздуха.

Западный устой упомянутого моста, расположенный на мало прочномъ грунтѣ, обнаружилъ сильное стремленіе опрокинуться. Крѣпкій грунтъ залегаетъ въ указанномъ мѣстѣ на значительной глубинѣ. Поэтому, Андерсонъ рѣшилъ подпереть быкъ помощью наклонныхъ скважинъ, выложенныхъ чугунными кольцами и заполненныхъ бетономъ. Эти, новаго рода, подпоры, въ числѣ четырехъ, расположены вѣерообразно и упираются въ твердую скалу (фиг. 77).

Работы начались съ того, что сначала была пробита вертикальная шахта, а затѣмъ уже, помощью сжатого воздуха, была проведена наклонная скважина въ желаемомъ направленіи.

Туннели. Недостатокъ мѣста, освѣщенія и часто времени является сильнымъ препятствіемъ для надлежащаго примѣненія въ туннеляхъ обычной каменной кладки; бетонъ-же превосходитъ всѣ прочія системы своей экономичностью, легкостью примѣненія въ дѣло и способностью къ безукоризненной забивкѣ, заполняющей всѣ извилины въ горной породѣ.

Тѣмъ не менѣе, нѣкоторые инженеры обнаруживаютъ, даже въ настоящее время, такое недовѣріе въ этомъ отношеніи къ монолиту, что допускаютъ его примѣненіе, при облицовкахъ подземныхъ сооружений, лишь для нижнихъ частей этихъ сооружений; при примѣненіи бетона въ другихъ частяхъ туннеля, сотрясенія, обусловливаемые прохожденіемъ поѣздовъ, могутъ, по ихъ мнѣнію, вызывать въ бетонѣ трещины, которыя, увеличиваясь постепенно, повлекутъ за собой обвалъ желѣзнодорожнаго туннеля. Для туннелей другихъ назначеній, какъ то: обыкновенныхъ дорожныхъ, каналовъ, эти опасенія, преувеличенныя до крайности, разумѣется, не могутъ имѣть никакого значенія.

Въ Англіи и Америкѣ, глубже оцѣнили пользу, которую можно извлечь изъ примѣненія бетона для укрѣпленія ненадежнаго грунта; однако, и тамъ все-таки принимается предосторожность, заключающаяся въ томъ, что подобныя сооружения обкладываются рубашкой изъ кирпича.

— Подобнымъ способомъ въ 1879—1886 годахъ было сооружено болѣе 3500 м. туннеля подѣ *Мерсеємъ между Ливерпульемъ и Биркенхедомъ*.

— Въ *Чикаго*, электрической трамвай проходитъ подѣ рѣкой, по туннелю въ 400 м. длиною, сооруженному изъ кирпича и бетона. Бетонъ составленъ изъ: 1 части порландскаго цемента, 3 частей песка и 6 частей щебня, размѣромъ въ 0,075 м.

— Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, капитанъ Линдемаркъ получилъ въ Стокгольмѣ концессию на сооруженіе туннеля въ 231 м. длиною, предназначеннаго соединить собой двѣ весьма густо населенныя части города, которыя отдѣлены одна отъ другой холмомъ.

Пробиваніе туннеля встрѣтило громадныя трудности; на протяженіи, почти 30м., пришлось прибѣгнуть къ способу замораживанія почвы. Грунтъ былъ очень слабъ, почему облицовка туннеля была сдѣлана изъ бетона, слѣдующаго состава: 1 часть портл. цемента, 2 $\frac{1}{2}$ —песку и 6 — гранитнаго щебня.

— Въ Бельгіи, построенный въ 1893 году, на желѣзнодорожной линіи *Обель-Блейбергъ*, туннель также одѣтъ бетономъ; прибавимъ, что и акведуки, и небольшіе мосты на этой линіи отлиты также изъ бетона.

— Жидкій бетонъ, или скорѣе полужидкій растворъ цемента также является очень полезнымъ для сооруженія туннелей, составленныхъ изъ металлическихъ колецъ.

Такъ, въ *туннель новой электрической желѣзной дороги въ Лондонѣ*, кольца покрыты снаружи цементомъ, нагнетаемымъ въ жидкомъ видѣ помощью шприцовъ; эти послѣдніе вводились черезъ отверстія, устроенныя въ облицовкѣ; такимъ образомъ, получился снаружи колець родъ бетона, препятствующаго всякому движенію грунта, заполнивашаго пустоты и обезпечившаго водонепроницаемость туннеля.

Мосты изъ бетона. — Уже съ давнихъ поръ бетонъ былъ допущенъ въ качествѣ матеріала при сооруженіи мостовъ. Какъ на примѣръ, сравнительно древній, укажемъ на *Шампиньольскій мостъ, на Марнскомъ каналѣ у Рейна*.

Этотъ косой мостъ, съ прямымъ пролетомъ въ 10,00м. и косымъ пролетомъ — въ 19,15м., имѣетъ 11,85м. ширины между перилами.

Арка образована изъ шести колецъ, составленныхъ изъ тесовыхъ камней, сопряженныхъ между собою геликоидально; эти шесть колецъ связаны пятью бетонными кольцами, шириною каждое въ 1,25м.

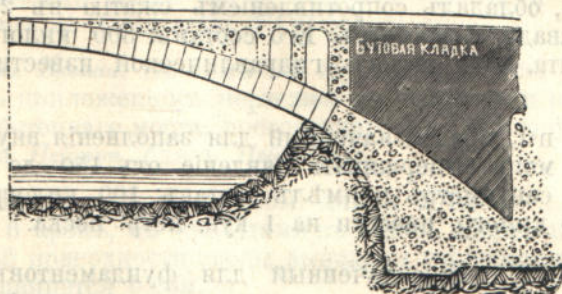
Когда вода въ каналѣ поднялась на 2м., пришлось разобрать внутреннюю поверхность свода. При этомъ убѣдились, что монолитъ представлялъ необычайную крѣпость и что онъ накрѣпко былъ связанъ съ тесовымъ камнемъ.

— Германскіе строители, за послѣдніе годы, весьма расширили примѣненія бетона, который они съ охотой употребляютъ для сооруженія мостовъ, со средними пролетами.

Въ *Вюртембергѣ*, всѣ арки, съ пролетами не болѣе 30,00м., отъ внѣшняго вида которыхъ не требуется особенной красоты, отливаются цѣликомъ изъ бетона.

Типомъ такихъ сооружений, при горизонтальной мѣстности, обыкновенно принимается мостъ съ потерянными устоями. Эти

последніе (фиг. 78) опредѣляются продолженіемъ кривыхъ внутренней и наружной поверхности свода ниже уровня естественной почвы. Арки, съ пониженіемъ въ $\frac{1}{10}$.



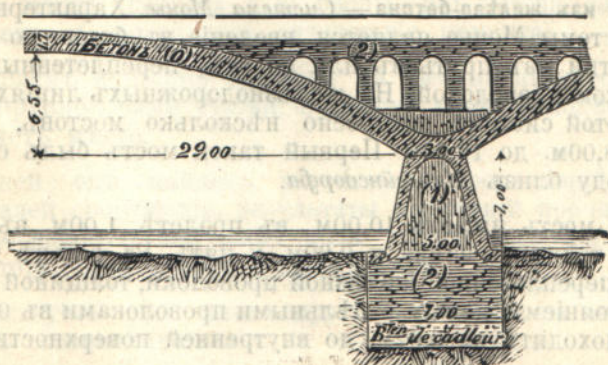
Фиг. 78.

Въ видахъ экономіи, часть бетона въ устояхъ такихъ мостовъ, замѣняется бутовой кладкой. Въ тѣхъ случаяхъ, когда желательно придать сооруженію болѣе декоративный видъ, внутренняя поверхность сводовъ дѣлается изъ тесового камня. Въ другихъ случаяхъ, вся облицовка дѣлается изъ бутовой кладки, и бетонъ служить тогда только внутреннимъ заполняющимъ матеріаломъ.

Составъ бетона для фундаментовъ 1 часть цемента, 3—песку и 6—щебня.

„ „ „ сводовъ 1 „ „ 3 „ 4 „

— Проектъ, составленный въ 1889 году Куанье, для сооруженія моста черезъ р. Сему между Иери и Шарантономъ, хотя и не получилъ примѣненія, тѣмъ не менѣе заслуживаетъ большого вниманія.



Фиг. 79.

Этотъ мостъ (фиг. 79), со сводами пониженными въ $\frac{1}{10}$, проек-

тированъ въ два пролета, по 53,50м. каждый, и съ центральной аркой, пролетомъ въ 58,00м.

Бетонъ №0, предназначенный для отливки сводовъ и облицовки опоръ, обладаетъ сопротивленіемъ сжатію въ 225—275 килогр. на 1 квадр. сантиметръ. Его составъ: 300 килогр. портландскаго цемента, 300 килогр. гидравлической извести на 1 куб. метр. песка.

Бетонъ №1, предназначенный для заполнения внутренней части быковъ, могъ выдерживать давленіе отъ 150 до 175 килогр. на 1 квадр. сантиметръ и имѣлъ составъ: 100 килогр. портландцемента, 250 килогр. извести на 1 куб. метр. песка.

Бетонъ №2, предназначенный для фундаментовъ и забутки (пазухи мостовыхъ сводовъ заполнены не сплошной забуткой, а полой, сводчатой, для уменьшенія вѣса всего сооруженія), имѣлъ коэффициентъ сопротивленія отъ 80 до 100 килогр.; его составъ: 50 килогр. портландск. цемента, 125 килогр. извести, на 1 куб. метр. песка.

Для заполнения промежутковъ между сваями у подошвы фундаментовъ, Куанье имѣлъ въ виду примѣнить бетонъ, приготовленный съ крупными камнями, такъ какъ энергичную утрамбовку его бетоновъ (растворовъ), при данныхъ обстоятельствахъ, было бы трудно надлежащимъ образомъ выполнить; предназначенный для послѣдней цѣли бетонъ имѣлъ составъ: 150 килогр. цемента, 0,500 куб. метр. песка и 0,800 куб. метр. камней.

Наконецъ, послѣдній бетонъ, легкій по вѣсу и экономичный по стоимости, былъ предназначенъ для настилки надъ сводами; онъ имѣлъ составъ: 150 килогр. извести, 0,500 куб. метр. песку и 1 куб. метръ гари.

Мосты изъ желѣзо-бетона — Система Монье. Характерной особенностью системы Монье является введеніе въ бетонную массу желѣзной сѣтки изъ прутьевъ или полосъ, переплетенныхъ между собою тонкою проволокой. На желѣзнодорожныхъ линіяхъ, въ Австріи, по этой системѣ выстроено нѣсколько мостовъ, съ пролетами отъ 8,00м. до 12,00м. Первый такой мостъ былъ сооруженъ, въ 1888 году близъ *Мацлейнсдорфа*.

Этотъ мостъ имѣетъ 10,00м. въ пролетѣ, 1,00м. въ подъемѣ, 0,15м. въ толщинѣ замка и 0,20м. у пятъ. Въ бетонѣ погружена сѣтка изъ переплетенной желѣзной проволоки, толщиной въ 0,007м. и съ разстояніемъ между отдѣльными проволоками въ 0,010м.; эта сѣтка не доходитъ на 0,02м. до внутренней поверхности свода.

Бетонъ, составленный изъ 1 части цемента и трехъ частей дунайскаго песка, трамбовали слоями въ 0,20м.

Испытанія прочности моста были произведены, сначала по-

мощью груза изъ рельсовъ, затѣмъ съ поѣздомъ. При осмотрѣ моста послѣ такого испытанія, въ восьми мѣстахъ внутренней поверхности свода былъ констатированъ прогибъ около 0,002м., исчезнувшій почти вполне послѣ снятія нагрузки („Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes d'Autriche“).

Система Вюнша. Въ томъ же журналѣ, за 1893 годъ 26 мая, описаны, съ приложеніемъ чертежей въ разрѣзѣ и планѣ, детали сооруженія бетоннаго моста, построеннаго въ 1892 году, по системѣ Wünsch'a на *Нейтръ*, близъ *Нейхейзеля*.

Этотъ мостъ имѣетъ 115,10м. длины и 6,00м. ширины и состоитъ изъ 6 арокъ, съ пролетами въ 17,00м. и подъемомъ въ 1,13м. Съ наружной поверхности свода выведены горизонтально; толщина въ замкѣ равняется 0,25м.

Мостъ былъ построенъ въ четыре мѣсяца

Металлическій остовъ (каркасъ) его, весьма легкій, обладающій вѣсомъ не болѣе 40 тоннъ, составленъ изъ углового и таврового желѣза. Онъ заключаетъ въ себѣ тринадцать продольныхъ балокъ, расположенныхъ параллельно и горизонтально, погруженныхъ въ бетонъ и проходящихъ по всей длинѣ сооруженія. При вершинѣ сводовъ каждая продольная балка соединяется съ параболическими арками, идущими отъ начала сводовъ и вдающимися въ кладку, гдѣ онѣ слѣдуютъ по кривизнѣ внутренней поверхности сводовъ. Нѣтъ ни раскосовъ, ни подпорокъ; каркасъ, вообще, состоитъ исключительно изъ параллельныхъ, вертикально расположенныхъ, независимыхъ другъ отъ друга треугольниковъ.

Бетонъ, заливаемый подъ водой, имѣлъ составъ: 1 часть портландскаго цемента, 5 частей романскаго цемента и 30 частей гравія. Выше уровня низкой воды, составъ бетона представлялъ: 1 часть портланда на 10 частей гравія. Парапетъ и тимпаны отлиты изъ бетона, состава 1:8; своды—изъ бетона, состава 1:6. (Коэффициентъ 1 обозначаетъ содержаніе цемента).

Обращаемъ вниманіе читателя на весьма интересное содержаніе цитируемой нами статьи, привести которую полностью намъ не позволяетъ мѣсто.

Въ ней онъ найдетъ расчеты сопротивленій, описаніе всѣхъ деталей сооруженія, результаты испытаній прочности его и т. д. и образцовую діаграмму хода работъ, заслуживающую, за свою простоту, практическаго примѣненія.

Существуетъ еще много другихъ системъ, на которыхъ мы не можемъ останавливаться.

Полы (потолки) изъ бетона. Бетонъ, въ видѣ пониженныхъ (пологихъ) сводовъ, съ горизонтальной наружной поверхностью, иногда служитъ для устройства половъ въ жилыхъ и торговыхъ помѣщеніяхъ.

Гораздо чаще, бетонъ отливается въ видѣ маленькихъ сводиковъ или плоскихъ перемычекъ, отъ 0,80м. до 1,20м. въ пролетѣ, опирающихся на металлическія балки.

Отмѣтимъ, въ данномъ случаѣ, экономію, получающуюся отъ употребленія въ дѣло старыхъ рельсовъ. Въ многолюдномъ рабочемъ поселкѣ въ *Лейптаузенѣ*, близъ *Ганновера*, были утилизированы рельсы въ качествѣ балокъ; ихъ покрывали слоемъ бетона, толщиной въ 0,10м.; бетонъ состоялъ изъ 1 части цемента на 5 частей камней.

Съ тою же цѣлью, бетонъ отливается на кружала изъ листового желѣза—плоскаго, или волнистаго. Опперманъ, въ 1881 году, рекомендовалъ устройство половъ, помощью желѣзныхъ листовъ, согнутыхъ въ видѣ очень низкихъ пирамидъ, опирающихся на балки и затѣмъ сверху заливаемыхъ бетономъ.

Система металлическихъ балокъ, съ кирпичемъ или бетономъ, имѣетъ нѣкоторыя неудобства: въ случаѣ пожара, значительный вѣсъ металла и расширеніе балокъ могутъ обрушить потолокъ. Во избѣжаніе этой послѣдней опасности, окружаютъ иногда балки оболочкой изъ обожженной глины; однако, устройство такихъ потолковъ обходится дорого.

Въ виду этого, специалистами придуманъ слѣдующій способъ. Для уменьшенія вѣса металлическихъ частей, размѣры послѣднихъ рассчитываются только на растягивающія усилія, а агентамъ, работающимъ на сжимающую нагрузку, является почти исключительно бетонъ. Наконецъ, чтобы защитить желѣзо или сталь отъ непосредственнаго дѣйствія огня, они вполне погружаются въ бетонную массу.

На этомъ принципѣ основана масса комбинацій желѣза съ бетономъ, получившихъ названіе по именамъ ихъ изобрѣтателей: *Варда*, *Вюнша*, *Куанье*, *Коттансена*, *Монье* и др. Разсмотрѣніе всѣхъ этихъ системъ въ отдѣльности составило бы предметъ отдѣльнаго изученія, и потому мы не имѣемъ возможности останавливаться на нихъ долѣе; однако, изъ числа различныхъ примѣненій желѣзо-бетона, мы считаемъ не безынтереснымъ указать на устройство потолковъ, придуманныхъ въ послѣднее время Неппебикъ-омъ, и принципъ сооруженія которыхъ профессоръ Ліежскаго университета Deschamps резюмируетъ въ слѣдующихъ словахъ:

„Неппебикъ сочеталъ употребленіе стали и цемента, съ цѣлью полученія балокъ простой тавровой формы съ очень широкой головкой, которыя кладутся близко одна возлѣ другой такимъ образомъ, что устраняется всякая необходимость въ какомъ-либо заполняющемъ матеріалѣ. Эти балки состоятъ почти цѣликомъ изъ цемента, за исключеніемъ лишь нижней ихъ части, въ которой

проходить одинъ или нѣсколько круглыхъ стальныхъ стержней, погруженныхъ въ цементную массу и связанныхъ съ верхней частью нѣсколькими хомутами изъ шиннаго желѣза. Цементъ работаетъ на сжатіе, вызываемое изгибомъ въ верхнихъ частяхъ балки, находящихся выше нейтральнаго слоя; сталь работаетъ на растяженіе. Балки рассчитываются на сопротивленіе въ 25 килогр. на квадр. сантиметръ для цемента и въ 1.000 килогр. на квадр. сантиметръ для стали. Хомуты изъ шиннаго желѣза предназначаются для укрѣпленія балокъ противъ дѣйствія скалывающихъ усилій“.

Дома. Здѣсь мы имѣемъ въ виду только специально бетонныя сооруженія изъ бетоновъ обычныхъ составовъ.

Въ *Англіи*, строятъ изъ бетона жилые дома, пользующіеся репутаціей сухихъ и здоровыхъ помѣщеній. При высотѣ зданія въ 24 фута, стѣнамъ дается толщина въ 6 дюймовъ; при дальнѣйшемъ увеличеніи высоты его, на каждые 6 футовъ, толщина стѣны должна быть увеличиваема каждый разъ на 3 дюйма.

Въ *окрестностяхъ Льежа*, со времени сооруженія Масскихъ фортовъ, нѣкоторыми коммерсантами стали сооружаться зданія складовъ и конторъ изъ бетона.

Въ *Германіи*, уже болѣе двадцати лѣтъ, какъ бетонъ широко примѣняется при сооруженіи зданій.

Вандерлей (Bieber) указываетъ, что на желѣзнодорожной линіи *Аулендорфъ-Зимарингенъ* стѣны станцій были отлиты изъ бетона, а крыши ихъ замѣнены монолитными сводами. Эти небольшія зданія дали столь удовлетворительные результаты, что по той же системѣ былъ сооруженъ и главный вокзалъ.

Тотъ же авторъ приводитъ еще слѣдующее. „Въ цѣляхъ устройства для рабочаго класса и мелкихъ служащихъ дешевыхъ квартиръ, въ 1872 году, въ *Берлинѣ* возникло „общество экономическxъ построекъ изъ бетона“. Къ 1876 году это общество построило 58 домовъ, заключающихъ въ себѣ 170 квартиръ и могущихъ вмѣстить до 1.200 обитателей.

„Всѣ каменные работы этихъ домовъ произведены изъ бетона: стѣны, своды во всѣхъ этажахъ, лѣстницы и т. д. Возведеніе вчернѣ дома, въ три этажа, требовало отъ трехъ до четырехъ недѣль; остальная же отдѣлка требовала значительно больше времени. Опытъ показалъ, что помѣщенія въ такихъ домахъ очень сухи, и что стѣны ихъ являются плохими проводниками тепла.

„Наружнымъ стѣнамъ придавали толщину въ 0,35м., а внутреннимъ толщину въ 0,20м., даже въ тѣхъ случаяхъ, когда послѣднія служили опорой для цѣлаго ряда сводовъ. Такіе размѣры были признаны безусловно достаточными. Стѣны, подверженныя дѣйствию дождя, не показывали никакихъ слѣдовъ прониканія сквозь нихъ сырости, даже при уменьшенной толщинѣ въ 0,14м.

„Своды отливались изъ бетона, болѣе богатаго цементомъ, чѣмъ бетонъ, употреблявшійся для отливки прочихъ частей сооруженія, и имѣли цилиндрическую форму; они достигали толщины въ 0,10м, при пролетахъ въ 2,80м. Величина подъема ихъ составляла $\frac{1}{10}$ величины пролета. Опыты, произведенные на мѣстѣ, удостовѣрили безусловную надежность этихъ сводовъ.

„Сводъ крыши представлялъ изъ себя скатъ въ $\frac{1}{50}$, покрытый облицовкой изъ цемента, или асфальта; толщина его равнялась 0,10м. Лѣстницы были изготовлены также изъ бетона“. (См. пропорции сост. частей въ прибавленіи).

Различныя примѣненія. Одинъ, или въ соединеніи съ желѣзомъ, бетонъ служить также для постройки *резервуаровъ* (водоемовъ). Сооруженія этого рода аналогичны тѣмъ, которыя вообще предназначаются для прегражденія доступа воды.

Бетонъ является дѣйствительнымъ средствомъ для этой послѣдней цѣли; онъ преграждаетъ прониканіе воды въ колодцахъ и туннеляхъ; имъ пользуются для наложенія водонепроницаемой футеровки для шахтъ и колодцевъ.

Бетонъ позволяетъ воздвигать *подпорныя стѣны*, устойчивость которыхъ достигаетъ и даже превосходитъ устойчивость стѣнъ изъ другихъ родовъ каменной кладки; особенно же онъ драгоцененъ для наложенія *облицовокъ*, такъ какъ отсутствіе швовъ устраняетъ возможность появленія на стѣнѣ растительности, могущей послужить причиной разрушенія сооруженія.

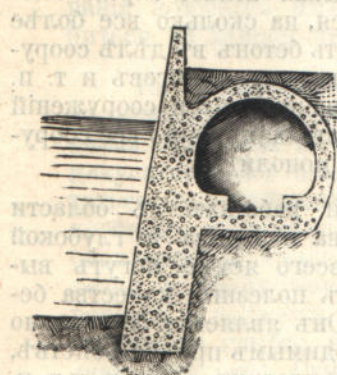
Не меньшую роль играетъ бетонъ при устройствѣ большихъ водопроводовъ, закрѣпляя наглухо колѣнчатая канализаціонныя трубы.

Наконецъ, изъ бетона на цементъ отливаютъ заводскія трубы значительной высоты (*Ирландія*).

Сооруженія въ Женевѣ. Въ заключеніе этого бѣглаго очерка, мы упомянемъ, не входя въ детали, о тѣхъ полезныхъ качествахъ бетона и матеріаловъ драгировки, которыми воспользовались въ Женевѣ при *выполненіи работъ по утилизаціи движущей силы рѣки Роны* (1883—1888 г.г.). Объ этихъ работахъ Туреттини опубликовалъ весьма интересный отчетъ.

Изъ части лѣваго рукава рѣки была отведена вода. Крупные камни дна послужили для сооруженія, здѣсь же на мѣстѣ, *водоспусковъ*, а песокъ и гальки съ бетономъ для устройства *плотинъ*. Излишекъ камней былъ поднять землечерпалкой, и разсортированъ на три категоріи. Крупныхъ размѣровъ матеріалы изъ рѣшета поступали прямо въ дробилку, обращающую ихъ въ *щебенку*. Песокъ и гравій, отвозимые на тележкахъ на мѣсто ихъ примѣненія, пошли на сооруженіе *водосточныхъ трубъ и стѣнъ на*

*бережныхъ, отливаемыхъ изъ бетона (фиг. 80). Такъ какъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ коллекторъ проходилъ въблизи жилыхъ зданій, то явилось необходимымъ защитить ихъ отъ воды; для этой цѣли передъ фасадами такихъ зданій были вырыты колодцы, заполняемые бетономъ; между этими колодцами земля была вынута и замѣнена монолитной забивкой: такимъ образомъ получилась сплошная *оградительная стѣна*.*



Фиг. 80.

Полы и стѣны въ зданіи съ турбинами были сдѣланы изъ бетона на извести; своды были отлиты изъ извести и цемента; тѣ же изъ нихъ, которые должны были нести непосредственную нагрузку, были отлиты изъ бетона на цементъ.

Работы продолжались и во время морозовъ, причемъ для литья бетона были устроены особые отопляемые бараки, передвигаемые по рельсовому пути по мѣрѣ того, какъ работы подвигались впередъ. Эти работы были закончены въ 1886 году; въ 1887 же году, въ силу необходимости расширенія эксплуатаціи водяной силы, былъ пристроенъ, на высотѣ 120м. надъ уровнемъ озера, регулирующий резервуаръ, вмѣстимостью въ 12.500 куб. метровъ: этотъ *резервуаръ* былъ отлитъ изъ бетона.

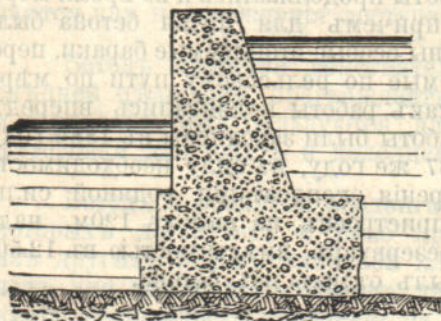
Бетоны для морскихъ сооружений. Въ XVIII столѣтіи, бетонъ, имѣвшій мало примѣненій на сушѣ, уже довольно часто встрѣчался въ морскихъ сооруженияхъ. Белидоръ сообщаетъ, что въ 1748 году одинъ изъ моловъ, въ Тулонской военной гавани, былъ устроенъ изъ извести и мелкихъ каменныхъ матеріаловъ; онъ приводитъ описаніе формъ, способовъ работъ и т. д. Въ это же время, на побережьи Средиземнаго моря иногда практиковалось изготовленіе массивовъ, вѣсомъ болѣе 25 тоннъ.

Съ тѣхъ поръ, примѣненіе бетона въ гидротехническихъ сооруженияхъ, какъ мы уже указывали въ IX главѣ настоящей книги, значительно расширилось. Нынѣшніе,—подвижной составъ, приспособленія для подъема большихъ массъ, усовершенствованные методы забивки свай, способы ускоренной и тщательной фабрикаціи бетона и, въ особенности, умѣнье готовить неразлагаемые морской водой растворы, очень способствовали распространенію бетона въ морскихъ сооруженияхъ.

Дѣйствительно, теперь мы вправе ожидать отъ монолита всѣхъ гарантій прочности, такъ какъ цементные бетоны позволяютъ возводить массивы съ абсолютной непроницаемостью. Сооруженія, выполненныя *надлежащимъ образомъ*, подтверждаютъ, спустя не менѣе тридцати лѣтъ послѣ ихъ окончанія, справедливость та-

кого ожиданія, подкрѣпляемаго еще фактами сохраненія надлежащаго сопротивленія у бетонныхъ резервуаровъ, содержащихъ въ себѣ растворы амміачныхъ солей,—растворы, обладающіе, сравнительно съ морской водой, гораздо большимъ разрушительнымъ дѣйствіемъ.

Было бы излишне входить въ детальное разсмотрѣніе всѣхъ подобныхъ приложений бетона: перелистывая атласъ *морскихъ сооружений*, читатель можетъ самъ убѣдиться, на сколько все болѣе и болѣе широкое мѣсто начинаетъ занимать бетонъ въ дѣлѣ сооруженія стѣнъ набережныхъ, бассейновъ, шлюзовъ, эллинговъ и т. п. Не только фундаменты, основанія и внутреннія части сооружений отливаются изъ бетона, но въ нѣкоторыхъ странахъ часто все сооруженіе цѣликомъ представляетъ изъ себя монолитъ.



фиг. 81.

При работахъ въ области прилива и отлива и глубокой водѣ всего яснѣе могутъ выступить полезныя качества бетона. Онъ является безусловно необходимымъ при устройствѣ, дамбъ, плотинъ, моловъ и т. п. сооружений; на берегахъ Англіи, бетонъ часто составляетъ безъ какого бы-то ни было участія камня (въ видѣ каменной наброски, или каменной облицовки),—весь корпусъ сооруженія. Примѣры такихъ сооруженій многочисленны; нѣкоторые изъ нихъ были уже нами указаны въ нашей книгѣ; укажемъ еще на работы по сооруженію *портовъ въ Ньюкастлѣ, Жирвентѣ, Абердинѣ* и др. и сообщимъ нѣкоторыя данныя о бетонныхъ плотинахъ въ *морскомъ каналѣ города Манчестера*, каналѣ, сооруженіе котораго обошлось болѣе 350 милліоновъ франковъ. Вырытый въ крѣпкомъ грунтѣ, этотъ каналъ въ нѣкоторыхъ мѣстахъ занимаетъ часть русла рѣки Мерсей, отъ которой онъ отдѣленъ бетонной плотиной, не заливаемой даже въ самые сильные приливы равноденствія (фиг. 81).

Внутреннія части такихъ сооружений выполняются изъ бетона, погруженнаго въ мѣшкахъ, или въ видѣ искусственныхъ камней (массивовъ), или, наконецъ, получая эти части непосредственной отливкой. Наружныя части выводятся прямо непосредственной отливкой; часто, облицовка такихъ сооружений до самой вершины, или до уровня наибольшей высоты прилива дѣлается изъ камня; въ другихъ случаяхъ, камни вводятся и во внутреннія части сооруженія, гдѣ они являются погруженными въ бетонъ (см. *работы по сооруженію порта въ Бильбао*).

Относительно примѣненія мѣшковъ съ бетономъ замѣтимъ,

что этотъ способъ далеко не новъ. Траянъ примѣнялъ его еще при возведеніи устоевъ моста черезъ Дунай. Способъ этотъ, постоянно практиковавшійся итальянскими строителями для забивки отверстій подъ водой и для устраненія подмывовъ подъ фундаменты, ввелъ инженеръ Пуарель, при *перестройкѣ старыхъ Алажирскихъ моловъ въ 1836 году*; Пуарель пользовался для этой цѣли кессонами, снабженными внутри просмоленной парусиной, основанія которыхъ имѣли достаточную величину, чтобы приспособиться ко всякой неровности морского дна.

Не останавливаясь на сооруженіи фундаментовъ для маяковъ, въ которыхъ нерѣдко бетонъ соединяется съ желѣзомъ (*Коломбо, Новая Каледонія* и т. д.), замѣтимъ, наконецъ, что изготовленіе искусственныхъ камней (массивовъ) изъ бетона позволяетъ не считаться съ дѣйствіемъ размыва и пользоваться всѣми выгодами хорошаго сопротивленія и непроницаемости такихъ камней, обусловленными надлежащимъ утрамбованіемъ бетона. Было бы полезно по этому поводу обратиться къ подробному разсмотрѣнію вопроса о подъемѣ, перевозкѣ и кладкѣ на мѣсто такихъ искусственныхъ глыбъ; въсь ихъ иногда превышаетъ 350 тоннъ (*Дубминъ, 1878 годъ*). Отмѣтимъ въ этомъ отношеніи интересную мысль Куазо и Кузена, предложившихъ, для работъ въ глубокой водѣ, буксировать плавающими на водѣ громадные бетонные ящики, въсящіе нѣсколько тысячъ тоннъ, и затѣмъ погружать и помѣщать на предназначенные для нихъ мѣста.

Бетоны изъ шлакового цемента. Мы впали бы въ повтореніе, если бы, желая выяснитъ роль и значеніе шлакового цемента, стали вновь перечислять тѣ примѣненія, общій обзоръ которыхъ нами только что законченъ для обыкновеннаго бетона. Достаточно будетъ сказать, что въ большинствѣ случаевъ и въ особенности для сооружений, подверженныхъ дѣйствію сырости, бетоны изъ шлакового цемента представляютъ тѣ-же качества и преимущества, что и бетоны изъ портландскаго цемента.

Въ этомъ отношеніи, мы самое лучшее сошлемся на авторитетъ Тетмайера, резюмируя кратко тѣ положенія, которыя имъ были установлены въ 1886 году, за время руководительства различными работами на заводѣ *de Clus, въ Choindéz*. и др.

Стѣна набережной, построенная два года тому назадъ. Составъ бетона: 1 часть цемента на 5—6 частей песку и гравія. Фундаментъ и подножіе омывались водой; стѣна не имѣла облицовочнаго покрова. Изслѣдованіе прочности ея, помощью кирки, показало полную однородность во всѣхъ частяхъ, за исключеніемъ частей, погруженныхъ въ воду, гдѣ сопротивленіе оказалось нѣсколько большимъ. Нѣкоторыя части были отлиты изъ портландскаго цемента; проба этихъ послѣднихъ киркой, въ отношеніи твердости и сопротивленія, не обнаружила различія съ частями, отлитыми изъ шлакового цемента. Наконецъ, не было замѣчено никакихъ

разрушительныхъ слѣдовъ отъ дѣйствія морозовъ или перемѣнъ температуры.

Колоды. Составъ бетона: 1 часть цемента на 5 гравія. Бетонъ затвердѣвалъ подъ водой и остался нетронутымъ; подъ ударомъ кирки онъ издавалъ чистый и ясный звукъ. Прочность замѣчательна. При томъ же составѣ бетона, были построены *дно канала, своды, подпорная стѣна, различныя покрывки*; всѣ эти сооруженія сопротивлялись съ такимъ же успѣхомъ.

Бакъ для воды. Составъ бетона: 1 часть цемента, 2 части шлакового песка, 4—5 гравія.

Бетонъ оставался водонепроницаемымъ безъ слоя штукатурки. Сводъ, представлявшій компактную массу, издавалъ чистый звукъ и сохранилъ безупречную прочность; онъ имѣлъ 7,00м. въ пролетѣ, 1,50м. въ подъемѣ, 0,60м. толщины у пяты и 0,20м. въ замкѣ.

Мостъ на рѣкѣ Биръ (Birs), 12,00м. въ пролетѣ, 1,50м. въ подъемѣ и 0,60м. толщины въ замкѣ. Составъ бетона: 1 часть раствора на 2,8—3 части камней. Растворъ содержалъ: 28 частей гранулированного шлакового песка, 2 шлаковой муки, 1 гашеной въ порошокъ извести и 2 извести въ тѣстообразномъ видѣ. Тетмайеръ нашелъ все сооруженіе въ превосходномъ состояніи, исключая его верхняго строенія и кордона, представлявшихъ многочисленныя трещины; эти недостатки должны быть приписаны не удовлетворительному гашенію извести. Наконецъ, въ Choindez были произведены слѣдующія сооруженія: *плотины, водоотводныя штольны, фундаменты для машинъ, литейныя чаны и пр.*

Приведемъ къ этому, что въ 1886 году былъ построенъ изъ *шлаковыхъ кирпичей* цементный заводъ, мастерская, конюшня, школа, рабочіе дома и пр. Эти постройки имѣютъ хорошій видъ.

Фабрикація такихъ кирпичей, начинающая распространяться въ различныхъ промышленныхъ центрахъ, является новымъ свѣдѣтельствомъ въ пользу шлака.

Фундаменты домовъ: 1 часть цемента, 1,5—песку, 6,5 рѣчного гравія.

Основаніе шоссейнаго спуска, близъ Nidau: 1 часть цемента, 2 песку и 3,5 гравія.

Шлаковые цементы для морскихъ сооруженій. Англичане часто примѣняютъ шлаковые цементы для морскихъ сооруженій. Вотъ составъ бетоновъ по даннымъ специалистовъ.

Бетонъ въ водѣ, подверженной волненію: 1.100 килогр. шлак. цемента, 1,5 куб. метр. очень чистаго морского песка и 3 куб. метр. щебня.

Бетонъ, отмываемый подъ водой: 1.100 килогр. шлак. цемента 1,5 куб. метр. песку и гравія и 2,5 куб. метр. камней.

Болѣе тощій бетонъ имѣетъ составъ: 1.100 килогр. цемента, 2 куб. метр. песку, 6 куб. метр. камней. Ниже этой послѣдней дозы, содержаніе цемента въ этомъ случаѣ не спускается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Фабрикація бетона можетъ производиться механически посредствомъ машинъ и приспособленій, представляющихъ большое удобство въ отношеніи простоты и экономичности операций и способствующихъ въ тоже время весьма быстрому ходу работъ.

Быстрота же работы является источникомъ большихъ выгодъ: она обуславливаетъ собой сокращеніе общихъ издержекъ по постройкѣ, издержекъ по надзору за работами, по вознагражденію рабочей силы и т. д.

Кромѣ того, быстрота выполненія устраняетъ много ненужныхъ манипуляцій и потерь времени. Такъ напримѣръ, при постройкѣ желѣзной дороги не будетъ встрѣчаться никакихъ задержекъ, если всѣ каменные сооруженія — фундаменты, быки, устой большихъ мостовъ и вѣдуковъ, акведуки и маленькіе мостики будутъ отливаться изъ бетона.

Было бы лишней тратой времени ссылаться на тѣ преимущества, которыя представляются не задерживаемымъ, безостановочнымъ ходомъ работъ; въ каждомъ частномъ случаѣ на дѣлѣ и инженеръ, и подрядчикъ сумѣютъ ихъ хорошо оцѣнить.

Бетонъ на цементъ можетъ примѣняться и въ холодное время года. Для сѣверныхъ странъ, это качество является капитальнымъ, такъ какъ позволяетъ не прекращать начатую работу, несмотря на наступленіе холоднаго времени года.

Въ гидротехническихъ работахъ, примѣненіе бетона сокращаетъ продолжительность, а слѣдовательно и стоимость водоотливныхъ работъ; литье же подъ водой совершенно уничтожаетъ необходимость послѣднихъ затратъ.

Монолитъ представляетъ, кромѣ того, двойную выгоду, позволяя утилизировать матеріалы весьма низкой стоимости и находимые почти повсюду въ изобиліи. При сооруженіи желѣзныхъ дорогъ, каналовъ и т. д., часто представляется возможнымъ съ большою пользой утилизировать находящіеся подъ рукой каменные матеріалы, извлекаемые при возведеніи земляныхъ насыпей, или вычерпываемые со дна вблизи расположенныхъ водъ; и ходъ работъ, такимъ образомъ, не окажется въ зависимости отъ условій доставки

матеріаловъ, добытыхъ или приготовленныхъ далеко отъ мѣста работъ, доставки, которая, кромѣ своей значительной стоимости, иногда, въ виду неудобства подвозныхъ путей, можетъ даже оказаться неосуществимой.

Экономичность матеріаловъ малыхъ размѣровъ можетъ быть разсматриваема еще и съ другой точки зрѣнія. Неизбѣжная потеря при обработкѣ всякаго матеріала здѣсь сводится къ нулю, такъ какъ все идетъ въ бетонъ. Камни большихъ размѣровъ портятся, ломаются, должны быть обтесываемы, что даетъ массу затеси, загромождающей мастерскую; кромѣ того передвиженіе послѣднихъ съ мѣста на мѣсто затруднительно.

Различныя манипуляціи, даже при ручномъ выполненіи всѣхъ операций, не требуютъ никакого особеннаго искусства: всю работу можно исполнить безъ каменщиковъ; послѣднее обстоятельство заслуживаетъ вниманія тѣмъ болѣе, что плата мастерамъ специалистамъ возвышается съ каждымъ годомъ.

Не слѣдуетъ также упускать изъ виду, что въ отдаленныхъ мѣстностяхъ наборъ хотя бы самой малочисленной артели каменщиковъ часто бываетъ очень труденъ, если не невозможенъ.

Возможность обойтись безъ рабочихъ-специалистовъ обезпечиваетъ работу противъ возможностей остановокъ ея изъ за недостатка наличныхъ рабочихъ силъ; въ наше время, съ послѣднимъ обстоятельствомъ приходится считаться въ каждомъ предпріятіи.

Выгоду бетона легко усмотрѣть, замѣчая, что рабочій не манипулируетъ съ матеріалами въ буквальномъ смыслѣ этого слова. Всѣ операции при бетонныхъ работахъ сводятся къ операциямъ земляныхъ работъ, тогда какъ, при всѣхъ другихъ системахъ каменныхъ работъ, рабочій долженъ брать въ руки каждый элементъ, класть растворъ, равнять кладку по ватерпасу и т. д.

Монолитъ не знаетъ примѣненія сложныхъ приспособленій, поглощающихъ много времени и денегъ. Тоже относится и къ облицовкамъ, устройство которыхъ достигается безъ всякихъ затратъ утрамбованіемъ массы, заключенной въ форму.

Обычныя приемы требуютъ, вообще говоря, при выполненіи сооружений, наличности дорогого подвижного состава, машинъ, подъемныхъ крановъ, тяжелыхъ подмостей, тогда какъ бетонная кладка производится при помощи вагончиковъ и легкихъ дорогъ.

Съ технической точки зрѣнія бетонъ представляетъ, равнымъ образомъ, значительныя преимущества.

Онъ позволяетъ, варьируя содержаніе въ немъ цемента, гарантировать непроницаемость и возводить массивы, представляющіе, при уменьшенной толщинѣ, надежныя сопротивленія.

Далѣ, въ бетонѣ, образующемъ монолитъ, давленія распространяются равномерно; опасность неравномѣрнаго осѣданія частей сооруженія устранена и весь массивъ сопротивляется скалыванію и скручиванію, какъ одно цѣлое.

Пластичность бетона въ моментъ кладки позволяетъ заполнять какой угодно извилистый профиль и служить лучшимъ средствомъ для забивки всякихъ пустотъ.

Возможность отливки бетона подъ водой значительно облегчаетъ работу при возведеніи морскихъ сооружений, которыя другими способами выполнимы лишь съ громадными денежными затратами.

Наконецъ, для фортификаціонныхъ сооружений, бетонъ представляетъ такія выгоды, подробно распространяться о которыхъ заняло бы слишкомъ много времени. Въ каждомъ частномъ случаѣ такихъ сооружений рельефно выступаютъ эти выгодныя стороны бетона.

Съ другой стороны не слѣдуетъ придавать монолиту универсальнаго значенія, такъ какъ бетонъ не свободенъ отъ нѣкоторыхъ недостатковъ.

Такъ, видъ его мало декоративенъ.

Далѣ, для возведенія массивовъ онъ требуетъ устройства формъ.

Примѣненіе его, при сооруженіи сводовъ съ большимъ пролетомъ, требуетъ самаго тщательнаго выполненія и неослабнаго надзора за работой. Дѣйствительно, часто неудача бетонной кладки въ этомъ случаѣ обусловливается какимъ-либо минутнымъ ослабленіемъ надзора за ходомъ работъ; какого-либо плохо произведеннаго смѣшенія бываетъ достаточно, чтобы испортить устойчивость свода.

Бетонъ подверженъ растрескиванію, которое, разумѣется, при тщательномъ ходѣ работъ, можетъ быть устранено, или ослаблено до той степени, когда вліяніемъ его можно пренебречь.

Во всякомъ случаѣ, взвѣсивая данныя за и противъ, является неоспоримымъ, что бетонъ, благодаря экономичности его производства, занимаетъ первое мѣсто между всѣми другими каменными строительными матеріалами, при возведеніи перекрытій (исключая сводовъ съ большимъ пролетомъ), сооружений большихъ массивовъ и кладкѣ *въслѣдъ* фундаментовъ безъ исключенія.

Въ доказательство послѣдняго положенія, напомнимъ, что можно сооружать превосходнаго качества обыкновенные фундаменты, при среднемъ содержаніи въ бетонѣ: 70 килогр. извести + 70 килогр. цемента на 1 куб. метръ, и даже одной извести въ пропорціи отъ 150 до 175 килогр. на куб. метр. утрамбованнаго бетона.

Въ заключеніе, приводимъ таблицу, показывающую примѣрное исчисленіе стоимости 1 куб. метра утрамбованнаго бетона, опираясь на мѣстные цѣны матеріаловъ. При установленіи стоимости производства слѣдуетъ обдумать возможность утилизаціи жирной извести, шлаковъ, гари и т. д.

Стоимость 1 куб. м. утрамбованнаго бетона складывается изъ:

1) Стоимости матеріаловъ для 1 куб. м. бетона:

Балласта (смотря по формѣ кусковъ, круглой или угловатой)	0,700—0,770 куб. метр.,	стоимостью —	фр.
Песка (тоже)	0,500—0,550	" "	" "
Извести	70 килогр.,	стоимостью —	" "
Цементы	70	" "	" "

2) Стоимости самой фабрикаціи 1 куб. м. бетона, зависящей отъ величины производства, расположенія мѣстъ и организаціи завода. Считая въ эту сумму все—плату за работу и амортизацію капитала и обусловивши, что матеріалы и мѣсто ихъ примѣненія въ дѣло находятся въ районѣ около 100 метровъ, можно положить . . 1,30 до 2,50 фр.

Отсюда, общая стоимость 1 куб. м. бетона . — " — "

Этотъ простой анализъ можетъ убѣдить читателя въ неоспоримомъ превосходствѣ бетона.

ПРИБАВЛЕНІЕ.

Пропорціи составныхъ частей бетона въ сооруженіяхъ разнаго рода.

Примѣчаніе. За исключеніемъ случаевъ особахъ обозначеній, слѣдуетъ замѣтить, что:

1^о Одна часть цемента эквивалентна 1300 килогр.

2^о Части песку и камней представляютъ объемы, выраженные въ куб. метрахъ.

Обыкновенныя пропорціи. При энергичномъ замѣшиваніи и хорошо контролируемомъ производствѣ, можно получить удовлетворительный бетонъ, при слѣдующихъ пропорціяхъ:

Бетоны для фундаментовъ. 1 часть цемента на 5—8 частей песку или просѣяннаго гравія, или на 8—10 частей камня.

Бетоны для стѣнъ, столбовъ, сводовъ и т. д.; словомъ, для всѣхъ частей сооруженій, подверженныхъ поперечнымъ усиліямъ.—1 часть цемента на 5—6 песку или просѣяннаго гравія, или на 7—8 камня.

Эти пропорціи отклоняются отъ обыкновенно примѣняемыхъ, такъ какъ количество цемента въ нихъ значительно ниже обыкновенно вводимаго въ бетоны.

Пропорціи эти, собственно, принадлежатъ Dycserhotfy; онѣ согласуются съ экспериментальными данными, изложенными нами въ этомъ курсѣ; однако примѣненіе ихъ требуетъ тщательной фабрикаціи бетона.

Акведуки. Различныя французскія миніи. 1 часть цемента — 3 песку — 3 камня.

Англія. 1400 килогр. цемента—6 частей крупнаго песку.

Проектъ снабженія Брюсселя водой. (Société Intercommunale des Eaux)—250 килогр. цемента— $\frac{1}{2}$ песку—1 гравія.

Линія Обель-Блейбергъ. 1 часть цемента — 5 песку — 9 битаго камня (величиною отъ 0,04м. до 0,06м.).

Большие искусственные камни (массивы) при морских сооружениях.
Ливорно 1835 г. $\frac{1}{2}$ раствора—1 часть камней. Растворъ отъѣчалъ составу: 0,700 гашеной извести—0,420 пуццоланы—0,420 песку.

Портъ Сандъ. 325 килогр. извести—1 часть песку.

Saint-Jean de Luz. 1 часть раствора — 2 камней, величиной 0,10м. Растворъ состоялъ изъ: 1 цемента— $2\frac{1}{2}$ песку.

Амлія. Для массивовъ, подверженныхъ дѣйствию волнъ: 1 цемента—2 песку—5 валуновъ.

Для массивовъ, защищенныхъ отъ волненія: 1 цемента— $2\frac{1}{2}$ песку— $6\frac{1}{2}$ валуновъ.

Водопроводы. *Брюссель (Société Intercommunale des Eaux).*—150 килогр. цемента—50 килогр. гашеной извести въ порошокъ— $\frac{1}{2}$ песку— $\frac{1}{2}$ гравія— $\frac{3}{5}$ кирпичнаго щебня или валуновъ.

Водостоки. *Австрія.* 1 цемента—3 песку—4 камней.

При значительномъ количествѣ воды, берутъ:—1 цемента—2 песку—3 камней.

Парижъ 1857 г. 1 цемента—3 песку (очень жирный растворъ).

Пропорція Куанье (Coignet). 250 килогр. цемента—1 извести—5 песку.

Штукатурки. Составъ колеблется около: 1 цемента—1 до 3 песку (см. отдѣлъ: *штукатурки*).

Мостовыя. Масскіе форты. Слой бетона, толщиной въ 0,08м., составлялся изъ: 1 цемента—4,60 песку—6,30 валуновъ; верхняя одежда, толщиной въ 0,015м., составлялась изъ: 1 цемента—3 песку.

Австрійскіе форты. Слой бетона, отъ 0,12м. до 0,16м. толщины составленъ: 1 цемента—4 песку—6 камней; верхняя одежда содержать: 1 цемента—3 песку.

Амлія. Смотря по назначенію мостовой, слой бетона имѣетъ толщину отъ 0,07м. до 0,20м.; составъ: 1 цемента—отъ 6 до 7 камня. Верхняя одежда, наиболѣе подвергающаяся изнашиванію, имѣетъ составъ: 1 цемента—2 песку.

Фундаменты. *Чикаго.*—(съ желѣзными балками, погруженными въ бетонъ)—1 цемента—1 мелкаго песку—2 крупнаго песку—3 мелкихъ камней—2 крупныхъ камней.

Страсбургскій Университетъ.—(1881 г.) 1400 килогр. цемента—5 песку—9 валуновъ—1 гидравлической извести.

Hôtel des Douanes в Амстерпентъ 1893 г.—2 раствора—5 валуновъ. Растворъ содержалъ: 1 цемента—4 песку.

Англія:—1 цемента—2 песку—6 камней или валуновъ.

или: 1 цемента—отъ 8 до 10 мелкихъ камней,

или: 1 цемента—2 песку—7 валуновъ.

Если фундаменты подвергаются значительнымъ скалывающимъ или сгибающимъ усиліямъ, тогда составъ бетона:

1 цемента—2 песку—4 валуновъ.

или: 1 цемента—отъ 5 до 6 мелкаго гравія,

или: 1 цемента—2 песку—4 камней, размѣромъ 0,06м.

Для обыкновенныхъ жилыхъ помѣщеній можно получать хорошіе фундаменты, при содержаніи: 70 килогр. цемента—отъ 50 до 70 килогр. извести на 1 куб. метръ бетона.

Отхожія ямы. Австрія. 1 цемента—3 песку—4 камня. Штука-турра, толщиною 0,01—1,015м., состоитъ: 1 цемента, 150 до 200 kg. извести—1 песку.

Дома. Германія. (Société de Berlin). См. руководство Wanderley'я, французскій переводъ Bieber'a.

Цементъ входитъ въ пропорціи $\frac{1}{10}$ для устройства стѣнъ; въ пропорціи $\frac{1}{7}$ для сводовъ; въ пропорціи $\frac{1}{6}$ для лѣстницъ и крышъ.

Остальные ингредиенты—нынѣ чаще всего гарь, въ пропорціи $\frac{5}{6}$ и песокъ, въ пропорціи $\frac{1}{6}$.

Первая замѣняется битымъ камнемъ, галькой, битымъ кирпичемъ, шлакомъ и т. п.

Для экономіи бетона, въ массу его вводятъ иногда большія каменные глыбы.

Жельзнодорожная постройка. Погребъ и фундаменты:

1 цемента—1 песку—3 камня.

до

1 цемента—1 песку—6 камня.

Наружныя стѣны:

$\frac{1}{2}$ портландскаго цемента— $\frac{1}{2}$ романскаго—2 песку—5 камня.

или: $\frac{3}{4}$ портландскаго цемента— $\frac{1}{4}$ романскаго—1 песку—4 камня.

Своды для крышъ:

1 цемента—3 песку—5 камня; и до:

1 цемента—3 $\frac{1}{2}$ песку—7 камня съ заливкой по

своду:

1 цемента—1 песку.

Составъ бетона для рабочихъ домовъ: см. стр. 232.

Стѣны набережныхъ. *Mannheim.*—1,400 килогр. цемента—7 частей гравія.

Schaffhouse. 1.400 килогр. цемента—5 частей гравія и песку.

Въ *Германиі*, бетоны для сооружений, погруженныхъ въ воду, какъ то: стѣнъ набережныхъ, устоевъ моста, каналовъ и т. д., имѣють составъ, около: 1 гидравлической извести — 1 трасса — 1 песку—5 битаго камня.

Въ *Англіи*, внутреннія части массивовъ, составляются изъ: 1 цемента—отъ 10 до 12 валуновъ; или 1 цемента—3 песку—9 валуновъ.

Наружныя части ихъ (облицовки), при толщинѣ по крайней мѣрѣ въ 0,15м., дѣлаются изъ бетона: 1 цемента—4 валуновъ, раз-мѣрами въ 0,02м.

Мосты. Фундаменты. (*Souillac*) — 0,260 извести въ тѣстообразномъ видѣ—0,390 валуновъ—0,660 мелкаго гравія.

Moerdijk. 1.400 килогр. цемента—2 песку—4 камня.

Верхнія части мостовъ. (см. Примѣненія).

Мостики. *Греція, Малая Азія.* 200 килогр. Тейльской извести—0,60 песку—0,80 балласта.

Мосты изъ желѣзо-бетона (см. Примѣненія).

Забивки. Этого рода бетонъ, сообразно его назначенію, составляется: 1 цемента, отъ 12 до 15 камней.

Резервуары. *Монмартръ.* Дно (полъ): 2 раствора—3 камня. Растворъ содержать: 1 цемента—3 песку.

Забутка въ пазухахъ сводовъ: 175 килогр. цемента—1 камня.

Сенъ-Клу. Фундаментъ: 150 килогр. цемента—0,60 песку—0,80 камня.

Лиль. Весь резервуаръ: 1,5 трасса — 8 гидравлической извести—7 каменноугольной золы или шлака.

Англія. Составъ бетона для резервуаровъ, обладающихъ непроницаемостью, суть слѣдующій:

Съ цементами перваго сорта: 1 цемента—2 песку—4 гравія.
„ : 1 цемента—1³/₄ песку—5¹/₂ битаго камня.

Съ обыкновенными цементами: 1 цемента—1¹/₂ песку—3¹/₂ битаго камня.

Съ обыкновенными цементами: 1 цемента — $1\frac{3}{4}$ песку — $3\frac{1}{2}$ гравія.

Съ крупно молотыми цементами: 1 цемента— $1\frac{1}{2}$ песку— $2\frac{1}{2}$ битаго камня.

Маяки. 250 килогр. цемента—0,500 песку—0,700 валуновъ.

Туннели. *Жельзная дорога Обель-Блейбергъ.* Половой настилъ и опорныя стѣны: 1 цемента—4 песку—8 камней. Своды: 1 цемента—3 песку—6 камня.

Остальныя пропорціи см. стр. 249 и 250.

Шлаковые цементы см. стр. 259.



Съ общаго количества цементнаго раствора — 15 ведеръ — 315

Съ крупною мостовою цементнаго раствора — 1 ведеръ — 215

Масса 250 килограммъ цементнаго раствора — 0,700 ведеръ

Туннель. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Остатки пропорцій см. стр. 240 и 250

Шлаковые цементы см. стр. 250

Мосты. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Туннель. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Мосты. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Туннель. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Мосты. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Туннель. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Мосты. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Туннель. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Мосты. Железная дорога. Общ. Работы. Полевая работа и
опорный стѣнъ: 1 цементнаго — 4 ведеръ, 2 камня — 1 ведеръ —
3 ведеръ — 6 камня

Необходимыя исправленія.

Стр.	Напечатано:	Должно быть:
31	при этомъ на водорѣзную плотину длиной....., плотину, выдерживавшую.....	при этомъ на волнорѣзъ, длинной....., волнорѣзъ, выдерживавшій.....
55	на бочку матеріала	на тонну матеріала
56	Плотины въ Абердинѣ.....	Мола въ Абердинѣ.....
80	каменныхъ массъ.....	камней изъ бетона.....
108	Фиг. 61 (подъ рисункомъ)	Фиг. 16 (подъ рисункомъ)
193	Предохранительныя щиты...	Предохранительный кессонъ служить.....
216	искусственныхъ и естественныхъ камней (массивовъ)*....	искусственныхъ(массивовъ)* и естественныхъ камней.....

Необходимые сведения

Стр.	Назначение	Должность
31	при этом в виде	при этом в виде
33	в виде	в виде
35
36
103	Фит. 10 (подпись)	Фит. 10 (подпись)
103
216





